

# ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής

## Ακουστική μελέτη λύρας με συμπαθητικές χορδές.

---



**ΑΝΑΡΓΥΡΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

**ΤΑΤΑΡΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ**

**ΡΕΘΥΜΝΟ 2020**

**ΑΝΑΡΓΥΡΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Ακουστική μελέτη λύρας με «συμπαθητικές»  
χορδές.

**ΡΕΘΥΜΝΟ 2020**

## Ευχαριστήριο

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ross Daly για την πολύτιμη βοήθεια και τον χρόνο που μας αφιέρωσε και που μας έδωσε την λύρα για όσο χρονικό διάστημα χρειάστηκε για να την μελετήσουμε και που μας φιλοξένησε στον χώρο του για να γίνει η συνέντευξη. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Καθ. Μιχάλη Ταταράκη για την συνεχόμενη στήριξη και την καθοδήγησή του και τέλος, τον καθηγητή μου κ. Κώστα Κεχράκο για την βοήθεια και τον χρόνο που μας αφιέρωσε για το πείραμα του ηχοβολισμού.

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	σελ. 5.
2. Ιστορικά στοιχεία.....	σελ.6.
2.1 Η λύρα στον Ελληνικό Χώρο.....	σελ.6-7.
2.2 Η Λύρα στην Κρήτη.....	σελ.7-11.
3. Η ανατομία της λύρας και η εξέλιξή της στο χρόνο .....	σελ.11.
3.1 Η ανατομία της κρητικής λύρας.....	σελ.11-14.
3.2 Ross Daly και δημιουργία της λύρας με συμπαθητικές χορδές..	σελ.14-18.
3.3 Συνέντευξη με τον κ. Ross Daly.....	σελ.19-21.
4. Πειραματικό μέρος ακουστικής μελέτης.....	σελ.21.
4.1 Θεωρητική εισαγωγή.....	σελ.21.
4.2 Χορδές.....	σελ.21-24.
4.3 Συντονισμός αέρινης κοιλότητας.....	σελ.24.
4.4 Καμπύλες ακουστότητας.....	σελ.24-25.
4.5 Η δράση του δοξαριού.....	σελ.25-29.
4.6 Το καπάκι της λύρας.....	σελ.28-29.
4.7 Πειραματικό μέρος.....	σελ.29.
4.8 Ηχογράφηση λύρας, εκτέλεση και καταγραφή πειράματος.....	σελ.29-41.
4.8.1 Ηχοβολισμός, εκτέλεση και καταγραφή πειράματος.....	σελ.41-48.
5. Η συμβολή των συμπαθητικών χορδών στην ακουστική της υπό εξέτασης λύρας.....	σελ.48.
6. Βιβλιογραφία.....	σελ.49-50.

## 1. Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Ακουστική μελέτη λύρας με συμπαθητικές χορδές» έχει ως στόχο την ανάδειξη της επίδρασης των συμπαθητικών χορδών στην ακουστική συμπεριφορά της λύρας. Η λύρα με συμπαθητικές χορδές είναι ένας συνδυασμός τριών μουσικών οργάνων τα οποία είναι η Κρητική λύρα, η Πολίτικη λύρα και το Ινδικό Σαράνγκι. Τη σχεδίασε ο κ. Ross Daly το 1990 και το αποτέλεσμα είναι μια λύρα με 3 παιζόμενες βασικές χορδές όπως στην Κρητική και Πολίτικη λύρα και με 18 συμπαθητικές χορδές (και άνω), οι οποίες συντονίζονται παλλόμενες πάνω σε μικρούς καβαλάρηδες. Η μελέτη της επίδρασης των συμπαθητικών χορδών γίνεται μέσω καταγραφής και μελέτης των φασματικών ακουστικών χαρακτηριστικών της. Η ακουστική μελέτη συνίσταται στη διέγερση του οργάνου με ηχοβόλιση (με sweep tones) και στην καταγραφή και μελέτη της συχνοτικής συμπεριφοράς του οργάνου ως σύνολο, του καπακιού, της πλάτης, καθώς και καταγραφής της αέρινης και ξύλινης συχνότητας του οργάνου. Οι μετρήσεις της ακουστικής μελέτης διενεργούνται με και χωρίς τις συμπαθητικές χορδές (απομόνωση συμπαθητικών χορδών ώστε να μην πάλλονται) με σκοπό να υπάρξει σύγκριση μεταξύ τους για την επίτευξη συμπερασμάτων. Επιπλέον υπολογίζεται με τη χρήση των φασμάτων ο παράγοντας ποιότητας Q για συγκεκριμένες συχνότητες και γίνεται σύγκριση μεταξύ της λύρας με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές και της ίδιας λύρας με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Η μελέτη έγινε στα εργαστήρια Φυσικής Ακουστικής Μουσικών Οργάνων, στο studio ηχογραφήσεων και στο δωμάτιο ελέγχου της Audient του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου.

**Λέξεις κλειδιά:** Λύρα Με Συμπαθητικές Χορδές, Ross Daly, Ανάλυση Φασμάτων Λύρας Με Συμπαθητικές Χορδές, μελέτη των φασματικών χαρακτηριστικών συνεισφοράς των συμπαθητικών χορδών, διέγερση λύρας με συμπαθητικές χορδές με ήχο ( sweep tones), μελέτη τρόπου δόνησης λύρας με συμπαθητικές χορδές.

## 2. Ιστορικά στοιχεία

### 2.1 Η Λύρα στον Ελληνικό χώρο.

Στα έγχορδα μουσικά όργανα που διεγείρονται με δοξάρι, κατατάσσεται η Κρητική λύρα που οι ρίζες της προέρχονται από την Ανατολή. Επίσης, γνωρίζουμε ότι η λύρα υπήρχε στον βυζαντινό χώρο από το δέκατο αιώνα (901-1000 μ.Χ). Σημαντική αναφορά στη λύρα γίνεται στις παραστάσεις που υπάρχουν πάνω στο ανάγλυφο ελεφάντινο βυζαντινό κιβωτίδιο του 10ου ή 11ου αιώνα, το οποίο σώζεται στο μουσείο της Φλωρεντίας και στα ιστορικά χειρόγραφα του 11ου αιώνα. Επίσης, υπάρχει αναφορά του Πέρση Ibn Kurdadhbih προς το χαλίφη Al Mutamid, που αναφέρει τη λύρα (“lura”) ανάμεσα σε άλλα βυζαντινά μουσικά όργανα και την περιγράφει ως ξύλινο όργανο με πέντε χορδές «όμοιο με το αραβικό ρεμπάμπ<sup>1</sup>».

Αυτή η αναφορά λοιπόν, πέρα από την ανάδειξη της ηλικίας της λύρας, προσθέτει στη γνώση μας και δύο σημαντικά δεδομένα:

- Θεωρεί ότι η λύρα είναι «όμοια με το ρεμπάμπ» και όχι ότι προέρχεται από αυτό
- Προσδίδει το ελληνικό όνομα «λύρα» στο μουσικό αυτό έγχορδο όργανο.

Η σχέση της βυζαντινής λύρας με την αρχαία ελληνική λύρα αλλά και με τα τοξωτά έγχορδα της Ανατολής (Ινδία και Αραβικό κόσμο). Τα παραπάνω δύο δεδομένα δε στοχεύουν στο να αποκλείσουν την προέλευσή της από τον αραβικό κόσμο αλλά, στη σε βάθος έρευνα για την αλληλεπίδραση των πολιτισμών στην εξέλιξη του οργάνου. Στην Κωνσταντινούπολη το όνομα «λύρα» θα μπορούσε να έχει δοθεί από λόγιους σε ένα μουσικό όργανο που τους θύμιζε την αρχαία άρπα. Επίσης, οι Τούρκοι χρησιμοποιούν την ονομασία «ροομ κεμεντζέ», που σημαίνει «ρωμαϊκή λύρα». Το όνομα λύρα για αυτό το μουσικό όργανο, δεν εντοπίζεται μόνο στην Πόλη, αλλά και σε όλη την Ελλάδα, εκτός από τις Σέρρες και συγκεκριμένα στην Αγία Ελένη όπου συναντάμε την αναστενάριχη λύρα, για την οποία χρησιμοποιείται περισσότερο το όνομα ζίγκα ή γκίγκα. Διαφαίνονται λοιπόν επιρροές από την Τουρκία.

Ο Κλοντ Φωριέλ<sup>2</sup> μέσα από τις γραφές του το 1824 θεωρούσε τη λύρα Ελληνική. Πίστευε επίσης, ότι οι Έλληνες λαϊκοί ποιητές που ήταν τυφλοί, τραγουδούσαν και ταυτόχρονα έπαιζαν ένα μουσικό όργανο ίδιο με την λύρα των αρχαίων Ελλήνων, το οποίο είχε κρατήσει το όνομα και την μορφή<sup>3</sup> της. Ο Γεώργιος Χατζηδάκης<sup>4</sup> αναφέρει στο έργο του «Κρητική Μουσική», πως πιστεύει, ότι η λύρα των αρχαίων Ελλήνων και η σύγχρονη λύρα δεν είναι το ίδιο όργανο παρά τις ομοιότητές τους, αφού η αρχαία λύρα ήταν νυκτό όργανο και παιζόταν με πένα, ενώ η σημερινή λύρα ανήκει στα τοξωτά όργανα και παίζεται με δοξάρι, το οποίο προέρχεται από την Ανατολή. Επίσης πιστεύει ότι όπως το βιολί και τα συγγενικά του

<sup>1</sup> *Αράβικο ρεμπάμπ (Rabab) ή ρεμπάμπι είναι έγχορδο με τόξο, μουσικό όργανο αραβικής προέλευσης που έχει στο παρελθόν χρησιμοποιηθεί στην ελληνική δημοτική μουσική αλλά σήμερα συναντάται μόνο σε μουσουλμανικές χώρες της Β. Αφρικής και της Ασίας. Παίζεται με δοξάρι κρατημένο όρθιο, όπως η λύρα. Ορισμένοι το θεωρούν πρόγονο του βιολιού και της λύρας.* (5)

<sup>2</sup> *Κλοντ Σαρλ Φωριέλ, (Claude Charles Fauriel) (21 Οκτωβρίου 1772 – 15 Ιουλίου 1844) ήταν από την Γαλλία και ήταν ακαδημαϊκός φιλόλογος, ιστορικός και κριτικός που η ακμή του συμπίπτει με την Γαλλική Επανάσταση και τους Ναπολεόντειους πολέμους. Στην Ελλάδα είναι γνωστός κυρίως για τη σημαντική συλλογή δημοτικών τραγουδιών (μεταξύ των οποίων και κλέφτικα) που συγκέντρωσε και μετέφρασε.* (1)

<sup>3</sup> *Fauriel, (1999), Ελληνικά Δημοτικά Τραγούδια, εκδοτική επιμέλεια Πολίτης Α., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σ. 57-59* (2)

<sup>4</sup> *Γεώργιος Νικολάου Χατζηδάκης (1848 – 1941) υπήρξε ο θεμελιωτής της επιστήμης της γλωσσολογίας στην Ελλάδα και πρώτος καθηγητής της Γλωσσολογίας και της Ινδικής Φιλολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, από το 1890 έως το 1923. Ανήκε στα ιδρυτικά μέλη της Ακαδημίας Αθηνών το 1926 και ένα χρόνο αργότερα διετέλεσε πρόεδρος της.* (3)

μουσικά όργανα, έτσι και η λύρα και τα συγγενικά της μουσικά όργανα, κατάγονται από τις Ινδίες<sup>5</sup>.

Εάν η εξέλιξη της λύρας δεν σχετίζεται με την αρχαιότητα και είναι επιρροή από τον αραβικό κόσμο, δεν έχουμε κάποιο στοιχείο για το πότε ήρθε αυτή η επιρροή στο Βυζάντιο, σίγουρα πάντως πριν από το 10ο αιώνα. Τον 11ο αιώνα μ.Χ. τα τοξωτά έγχορδα εξαπλώθηκαν σε όλη τη μεσογειακή Ευρώπη, ως τους Κέλτες και τις Βρετανικές Νήσους. Στη Γερμανία σε χειρόγραφα του 12ου αιώνα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν το όνομα *lyra* για αυτό το όργανο. Έως και τον 16ο αιώνα, στην Ιταλία χρησιμοποιούσαν τις ονομασίες *Lira di braccio* και *Lira da gamba*. Η λύρα του Βυζαντίου σε διάφορα σχήματα και ονομασίες, κυριάρχησε σαν έγχορδο μουσικό όργανο στη Ευρώπη, την εποχή του Μεσαίωνα. Το 1484 ο Φλαμανδός μουσικός Johannes Tinctoris έγραφε: «Η βιόλα όπως λένε, ανακαλύφθηκε από τους Έλληνες».

Από την Πόλη έως την Κρήτη, συμπεριλαμβανομένων και των νησιών στο Ανατολικό Αιγαίο μέχρι τα μέσα του 20ου αιώνα, έχουμε λύρα η οποία αντικαθιστάται από το βιολί.

## **2.2 Η λύρα στην Κρήτη**

Η λύρα της Κρήτης είναι ένα τοξωτό, αχλαδόσχημο μουσικό όργανο, με τρεις χορδές, το οποίο είναι στο επίκεντρο της κρητικής παραδοσιακής μουσικής, όπως και στην παράδοση και άλλων νησιών στο Αιγαίο και στα Δωδεκάνησα (Δωδεκανησιακή λύρα ή αλλιώς λυράκι). Η λύρα της Κρήτης μοιάζει αρκετά με την βυζαντινή λύρα, δηλαδή τη λύρα που είχαν στο Βυζάντιο, βασικός τύπος της οποίας αποτελεί η λύρα της Κωνσταντινούπολης ( πολιτική λύρα ή ρωμαϊκή λύρα ή λυράκι). Πρόγονο πολλών ευρωπαϊκών τοξωτών έγχορδων αποτελεί η βυζαντινή λύρα και είναι αντίστοιχη του ρεμπάμπ, το οποίο ήταν πολύ δημοφιλές εκείνη την εποχή στις Ισλαμικές αυτοκρατορίες.

Η διάδοση της βυζαντινής λύρας έχει ασαφή εξέλιξη: ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Ιταλική *lira da braccio*, που είναι τοξωτό έγχορδο του 15ου αιώνα και πιθανόν να υπήρξε ο προκάτοχος του σύγχρονου βιολιού. Τοξωτά έγχορδα, παρόμοια με την κρητική λύρα και άμεσων διαδόχων της βυζαντινής λύρας, συνέχισαν να χρησιμοποιούνται σε πολλές περιοχές της βυζαντινής αυτοκρατορίας ακόμα και όταν αυτή αποτέλεσε παρελθόν, φτάνοντας με μικρές διαφοροποιήσεις, μέχρι τις μέρες μας. Άλλα τέτοια όργανα είναι, η Γκαντούλκα στη Βουλγαρία, η τοξωτή Λύρα Καλαβρίας στην Ιταλία και η Πολίτικη λύρα στην Κωνσταντινούπολη.

Σύμφωνα με την περίοδο που πρωτοεμφανίστηκαν τοξωτά έγχορδα στην Κρήτη, υπάρχουν τέσσερις απόψεις:

- Με στρατιωτική παρέμβαση του Νικηφόρου Φωκά, η λύρα του Βυζαντίου ήρθε στη Κρήτη, μετά το 961μ.Χ, αφού καταλήφθηκε ξανά από τη Βυζαντινή αυτοκρατορία, μετά την Αραβοκρατία. Τότε εγκαταστάθηκαν στο νησί οικογένειες αριστοκρατών από την Κωνσταντινούπολη με σκοπό την ενίσχυση του ελληνικού στοιχείου και την αναπλήρωση του πληθυσμού. Έτσι λοιπόν υιοθετήθηκαν από τους ντόπιους παραδόσεις του Βυζαντίου από την Κωνσταντινούπολη.
- Η λύρα ήρθε στην Κρήτη μέσω των Δωδεκανήσων γύρω στον 12ο αιώνα, ξεκίνησε να διαδίδεται από τη Σητεία, η οποία λόγω της γεωγραφικής της θέσης είναι στην Κάσο και στην Κάρπαθο. Γι αυτό τον λόγο πιστεύεται ότι η βυζαντινή λύρα ήταν πολύ δημοφιλής στη Σητεία και επικράτησε αυτή η άποψη.

<sup>5</sup> Χατζηδάκης, Γ. *Κρητική Μουσική και Όργανα, Ηράκλειο, 1910, σ. 173-175 (4)*

- Η λύρα μπήκε με την πάροδο του χρόνου στις παραδόσεις της Κρήτης, ως ένα δημοφιλές στοιχείο της βυζαντινής μουσικής παράδοσης, όπως επίσης, με τον ίδιο τρόπο σχεδόν, εισέβαλε και σε άλλες περιοχές όπως με τη Lira da Braccio και τη Λύρα Καλαβρίας στην Ιταλία και η Γκαντούλκα στη Βουλγαρία.

- Σύμφωνα με την παράδοση της Κρήτης, η λύρα εξελίχθηκε στο νησί και πιθανόν, να είναι μια εξέλιξη του αρχαίου ρεμπάμπ το οποίο έφτασε μέσω της θάλασσας τον πρώιμο μεσαίωνα. Η λύρα στα βόρεια, διαδόθηκε κατά την διάρκεια της εκστρατείας του Νικηφόρου Φωκά, μαζί με τα λάφυρα που μεταφέρθηκαν από την Κρήτη στην Κωνσταντινούπολη.

Κατά την περίοδο της Ενετοκρατίας του νησιού και με το πέρασμα των αιώνων, το βιολί άσκησε σημαντική επιρροή στην Κρητική μουσική, τόσο από μουσική άποψη αλλά και οργανολογική, φέρνοντας πρωτότυπες αλλαγές στην οργανολογία, στο χρονισμό, στη στιχουργία, στη μουσική γλώσσα και επίσης στην πρακτική απόδοση των έργων, επεκτείνοντας και εμπλουτίζοντας τη συλλογή αυτών.

Δύο τύποι λύρας υπήρχαν στην Κρήτη. Η βροντόλυρα ή αλλιώς χοντρόλυρα, που είναι μεγαλύτερη σε μέγεθος, ιδανική για την συνοδεία τραγουδιού και το λυράκι όπως το αποκαλούμε σήμερα, που έδινε έναν οξύ και διαπεραστικό ήχο. Η σύγχρονη κοινή λύρα λοιπόν προήλθε, από την επιρροή του βιολιού και από τους παραπάνω δύο τύπους λύρας.

Η κατασκευή της γίνεται με «μονοκόμματο» ξύλο κάποιας ηλικίας (10ετίας τουλάχιστον) και συνήθως χρησιμοποιείται ασφένταμος, μουνριά, καρυδιά, κ.α. Η σκάφη, που είναι το κοίλο σκαφτό σώμα της λύρας ονομάζεται αλλιώς και καύκα ή καυκί. Το καπάκι (μπροστινό μέρος λύρας) είναι αυτό που επηρεάζει άμεσα τον ήχο του οργάνου και ιδανικότερο υλικό για την κατασκευή του είναι το κατράνι (ξύλο που προέρχεται από δοκάρια παλιών κτισμάτων και είναι ηλικίας άνω των 300 ετών). Παλιότερα, οι χορδές ήταν από έντερο ζώου και οι τρίχες του δοξαριού ήταν από ουρά αλόγου. Το δοξάρι συνήθως είχε πάνω του, μια σειρά από σφαιρικά κουδουνάκια, γνωστά ως γερακοκούδουνα. Τα τελευταία χρόνια η λύρα συνοδεύεται και από άλλα μουσικά όργανα όπως λαούτο, κιθάρα κ.α., και χρησιμοποιείται συνήθως δοξάρι βιολιού.

Το κρητικό λυράκι μοιάζει αρκετά με την πολιτική λύρα, που είναι η λύρα της Κωνσταντινούπολης. Το κρητικό λυράκι έχει δύο πιθανά σενάρια προέλευσης:

1. Οι Άραβες, που παρέμειναν στην Κρήτη ως κατακτητές, προερχόμενοι από την Ισπανία (823-961 μ.Χ.) έφεραν την λύρα στο νησί, η οποία παρέμεινε από τότε, πράγμα που σημαίνει ότι το αραβικό ρεμπάμπ εκείνης της εποχής, είναι στη μορφή του ίδιο, με τη βυζαντινή λύρα.

2. Το πιθανότερο είναι να ήρθε στην Κρήτη από την Κωνσταντινούπολη με τον στρατό του Νικηφόρου Φωκά και τους Βυζαντινούς που ακολούθησαν ή να ήρθε μέσω των Δωδεκανήσων. Έτσι, η άφιξη της στην Κρήτη ξεκίνησε από την Σητεία (που γειτονεύει με την Κάσο και την Κάρπαθο) και είχε ολοκληρωθεί το πολύ ως το 12ο αιώνα (1101-1200 μ.Χ.), αφού δύο αιώνες για το μουσικό «ταξίδι» από την Πόλη ως την Κρήτη είναι υπεραρκετοί.

Υπέρ του δεύτερου σεναρίου είναι ότι και στην Κρήτη, αυτό το μουσικό όργανο, έμεινε γνωστό με το ελληνικό όνομα «λύρα» και δεν υπάρχει κάποια μαρτυρία ή ανάμνηση, σε καμία παράδοση του τόπου που να λέει ότι χρησιμοποιήθηκε ποτέ κάποιος ξενόγλωσσος όρος όπως οι ονομασίες ρεμπάμπ, ρεμπέκ, κεμεντζές. Και για τις δύο εκδοχές, είναι προφανές ότι κατά την Ενετοκρατία το 1211, βρήκαν ήδη τη λύρα εδώ ως λαϊκό όργανο, όπως και στα Δωδεκάνησα, δηλαδή σε πρωτόγονη μορφή. Παλαιότερα, υπήρχαν τα λυράκια που κατασκεύαζαν οι ίδιοι οι λυράρηδες των χωριών από δέντρα της περιοχής τους και δοξάρια κατασκευασμένα από ουρά αλόγου ή γαϊδάρου. Τέτοια λυράκια έγιναν γνωστά από τους αμέτρητους λυράρηδες των κρητικών χωριών του 19ου και του πρώτου μισού του 20ού αιώνα, πριν η κρητική λύρα πάρει την σημερινή μορφή της, για την οποία συνέβαλαν και



διάφοροι Ρεθυμνιώτες, όπως ο θρυλικός λυράρης Ανδρέας Ροδινός και οργανοποιοί όπως ο Γιάννης Παπαδάκης ή Καρεκλάς και ο Μανώλης Σταγάκης<sup>6</sup>.

Επίσης, στο δοξάρι της Κρητικής λύρας τα γερακοκούδουνα, είναι μια πολύ σημαντική ένδειξη ότι η λύρα στην Κρήτη υπήρχε το αργότερο κατά την περίοδο των Ενετών, αν όχι και κατά την βυζαντινή περίοδο, όταν κυνηγοί και άρχοντες κυνηγούσαν με γεράκια, στα πόδια των οποίων φορούσαν τα γερακοκούδουνα. Οι Τούρκοι της Κρήτης, από την άλλη, κυνηγούσαν μόνο με λαγωναρές σκύλες, όπως οι απλοί Κρητικοί χωρικοί. Άρα, τα γερακοκούδουνα μπήκαν στο δοξάρι της λύρας, που ήταν όργανο της υπαίθρου και όχι του βιολιού που ήταν αστικό μουσικό όργανο, κατά τη βυζαντινή ή κατά την ενετική εποχή. Αν όμως, μπήκαν στο δοξάρι αφού σταμάτησε το κυνήγι με γεράκια, θα μπορούσαν να έχουν ληφθεί μόνο από το ιερατικό θυμιατό, το οποίο χρησιμοποιούσαν πάντα εκτός από κάποιες ταραγμένες εποχές, άρα θα λέγονταν παπαδοκούδουνα ή με κάποιον άλλον παρεμφερή όρο. Για τους Κρητικούς χωρικούς κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας, ακόμη και για τους γέροντες της πρώτης γενιάς που θυμούνται την ενετική εποχή, επικρατούσε η εικόνα των κουδουνιών του θυμιατού, παρά η εικόνα του κυνηγετικού γερακιού.

Σε κείμενα της Ενετοκρατίας, για λαϊκά μουσικά όργανα, αναφέρονται σχεδόν μόνο τα πνευστά και τα κρουστά. Στις αρχές του 20ου αιώνα ήταν σημαντική η διάδοση οργάνων όπως, η ασκομαντούρα, η μπαντούρα και το θιαμπόλι (σφυροχάμπιολο, το κρητικό σουραύλι), τα οποία ήταν ακόμη διαδεδομένα στην κρητική υπαίθρο, περισσότερο και από τη λύρα. Ο Pierre Belon (1553) ήταν ένας από τους περιηγητές που περιέγραψαν χορούς των Σφακιανών, στους οποίους δεν αναφέρονται πουθενά μουσικά όργανα. Παρότι στα Σφακιά οι ντόπιοι πριν από την εποχή μας, δεν επιδόθηκαν στη χρήση έγχορδων μουσικών οργάνων, ακόμη και ο Χατζηδάκης, επικαλούμενος τον Belon, στήριξε την άποψή ότι δεν υπήρχε λύρα στην Κρήτη τον 16ο αιώνα.

Ωστόσο, μία σημαντική αναφορά είναι επίσης, του Στέφανου Σαχλίκη, ποιητή του Χάνδακα του 14ου αιώνα, από τους προδρόμους της Κρητικής Αναγέννησης:

«Λοιπόν, όποιος ορέγεται να μάθη διά την μοίραν,  
το πώς παίζει τον άτυχον, ωσάν παιγνιώτης λύραν  
ας έλθη ν' αναγνώση εδώ τούτο το καταλόγι...».

Η αναφορά αυτή πιθανόν δεν γίνεται για την ιταλική lira, ούτε και για την αρχαία άρπα (θεωρεία του αείμνηστου Νικόλαου Παναγιωτάκη), αλλά για την λαϊκή κρητική λύρα της εποχής του ποιητή περίπου το 1331-1400, πράγμα που συμπεραίνουμε από τη λέξη «παιγνιώτης», δηλαδή την ονομασία που χρησιμοποιείται από τους ντόπιους στην Κρήτη, για να δηλώσει τόσο το σκοπευτή όσο και τον οργανοπαιχτή. Ο Σαχλίκης έζησε από κοντά την λαϊκή ζωή της υπαίθρου, ιδικά αφότου πήγε στο Πενταμόδι Ηρακλείου μετά από την ολοκληρωτική πτώχυνσή του από την άσωτη ζωή που έκανε, επομένως η παρομοίωση που χρησιμοποιεί ο Παναγιωτάκης ότι «ο Σαχλίκης ήταν αστός», μας παραπέμπει, σε μια εικόνα της λαϊκής ζωής της κρητικής υπαίθρου της εποχής εκείνης, με έναν παιγνιώτη που παίζει λύρα και όχι με έναν Ιταλό μουσικάντη ή αρχαίο Έλληνα που παίζει άρπα.

Ο Φαίδων Κουκουλές και ο Στυλιανός Αλεξίου, δύο από τους σημαντικούς νέους μελετητές εκείνης της εποχής, φαίνεται να έχουν την ίδια άποψη. Σε αναφορές που έχουν κάνει, συγκαταλέγουν και οι δύο την λύρα της Κρήτης στα μουσικά όργανα κατά τη Βενετοκρατία. Ο Κουκουλές στο άρθρο του «Συμβολή εις την Κρητική λαογραφία επί Βενετοκρατίας», ο Αλεξίου στα «Κρητικά Χρονικά» του 1965. Στον Σαχλίκη στηρίζουν την αναφορά τους και οι δύο. Όπως επίσης, αναφέρει σε άρθρο του σχετικά με την λύρα της Κρήτης ο Ελβετός εθνομουσικολόγος Samuel Baud - Bovy [Music and Trance: A Theory of

<sup>6</sup> Μανώλης Σταγάκης: *Σύμφωνα με τον Ρηγινώτη καθόρισε μαζί με τον Αντρέα Ροδινό τη μορφή της σύγχρονης κρητικής λύρας.* (5)

the Relations Between Music and Possession, The University of Chicago, 1985 ISBN 0-226-73005-0], δείχνει να συμφωνεί μαζί τους.

Ο Γεώργιος Χορτάτζης στο έργο του « Κατζούρμπος », περίπου το 1580 - 1600, προσθέτει επιπλέον ένα στοιχείο που μας διαφωτίζει ακόμη πιο πολύ, σχετικά με την παρουσία της λύρας: ο Νικολός κάνει καντάδα παίζοντας «λυρόνι», στην κοπέλα που αγαπά. Η ακατάδεκτη Πουλίσένα γκρινιάζει, λέγοντας του πως θα του άνοιγε την πόρτα μόνο αν «της κουδούνιζε ένα σακούλι κίτρινα» δηλαδή, χρυσά νομίσματα γιατί αυτή «δεν κομπώνεται» δηλαδή, δεν ξεγελιέται με καντάδες και μερακλίκια:

«Ανίσως κι εκουδούνιζε στο σπίτι μου αποκάτω  
μιαν ώρα το σακούλι του με κίτρινα γεμάτο,  
δεις ήθελες πώς άνοιγα, με μένα με λυρόνι  
μηδέ με το τραγούδι του ποσώς δε με κομπώνει...»  
(Κατζούρμπος, πράξη Α', στ. 195-198)

Στον Κατζούρμπο να σημειώσουμε ότι δείχνει να επικρατεί μια σύγχυση μεταξύ της κιθάρας και της λύρας. Στην καντάδα του Νικολό, στην αρχή του έργου ο Νικολός, δεν αναφέρει να παίζει λυρόνι αλλά «κιτάρα». Εδώ να συμπεριλάβουμε ότι στο Λεξικό της Ελληνικής Γλώσσας του Σκαρλάτου Βυζάντιου, στο λήμμα κιθαρίζω, παρατίθεται ως παράδειγμα ο στίχος (από αρχαίο συγγραφέα) αναλαμβάνων την λύραν εκιθάριζεν. Για το ίδιο όργανο είχαν τρεις ονομασίες, λύρα, κιθάρα και φόρμιξ. Επίσης σύμφωνα με το Λεξικό της Μεσαιωνικής Ελληνικής Δημόδους Γραμματείας του Εμμ. Κριαρά, όπου συναντούσαμε την ονομασία « λυρόνι» αναφέρονταν στην κρητική λύρα.

Το λυρόνι που αναφέρει ο Νικολό, δεν ήταν η αρχαία ελληνική λύρα, αλλά ούτε και η κιθάρα. Ότι δεν αναφέρεται στην αρχαία ελληνική λύρα το συμπεραίνουμε, από το έργο του ποιητή, το οποίο διαδραματίζεται στην εποχή του, δηλαδή στη βενετοκρατούμενη Κρήτη και αναφέρει μάλιστα το πόσο επιθετικοί ήταν οι Τούρκοι. Όμως για την κιθάρα και την αρχαία λύρα δεν χρησιμοποιούσαν υποκοριστικό. Σε αντίθεση με το μουσικό όργανο του Νικολό, που ήταν λυρόνι, δηλαδή μικρή λύρα και όχι κανονική λύρα οι οποίες ήταν μεγαλύτερες. Άρα το χαρακτηριστικό όνομα λυρόνι, μας δείχνει ότι αναφέρεται στο λυράκι, το οποίο είναι και η πιο παλιά εκδοχή κρητικής λύρας που γνωρίζουμε. Έτσι, καταλήγουμε ότι κατά την εποχή των Ενετών στην Κρήτη χρησιμοποιούσαν τη λαϊκή κρητική λύρα.

Την περίοδο των Ενετών στην Κρήτη, πρέπει να ήρθε το βιολί στα αστικά κέντρα. Δεν γνωρίζουμε όμως πότε εξαπλώθηκε από τις πόλεις στα χωριά. Κατά τη γνώμη του Παναγιωτάκη, πιστεύει ότι αυτό έγινε σχετικά γρήγορα. Λαμβάνοντας τα παρακάτω υπόψιν, ξέρουμε ότι:

- Η λύρες κατασκευάζονται από τον ίδιο τον οργανοπαίκτη, σε αντίθεση με το βιολί που κατασκευάζεται από επαγγελματία οργανοποιό, άρα το να εξαπλωθεί στα χωριά στη αρχή θα ήταν δύσκολο, γιατί, τα βιολιά που παίζονταν κατασκευάζονταν στην πόλη και ήταν πολύ ακριβά. Άλλος ένα παράγοντας δηλαδή, να μην μπορούν να το έχουν οι πολλοί.
- Στις περιοχές που γνωρίζουμε από πηγές που εξελίχθηκαν με τον χρόνο, ότι παιζόταν λύρα πιθανόν να μην είχε διαδοθεί ποτέ το βιολί, γιατί πολύ δύσκολα, σχεδόν απίθανο να συμβεί θα λέγαμε, οι κάτοικοι να άφησαν ένα τετράχορδο όργανο και να υιοθέτησαν ένα τρίχορδο, το οποίο σήμαινε ότι, η μία λιγότερη χορδή απαιτεί λιγότερες «παικτικές» δεξιότητες. Αντιθέτως, σε περιοχές που διαδόθηκε, ή κάποια περίοδο που το βιολί είχε κυρίαρχο ρόλο, ακόμη κι αν αυτό συνέβη μέσα του 17ου αιώνα (1650), πιθανολογείται ότι υπήρχε ήδη λύρα από παλιά, η οποία συνυπήρξε με

το βιολί για ένα μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα και είτε τελικά υποχώρησε όπως, στην επαρχία Κισάμου, είτε συνυπάρχει ακόμη, όπως στους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου.

### **3. Η ανατομία της λύρας και η εξέλιξή της στο χρόνο**

#### **3.1 Η ανατομία της Κρητικής Λύρας**

**Κεφαλή**<sup>7</sup>: είναι η άνω απόληξη του οργάνου. Αρχικά, και ως τον 19ο αιώνα είναι κατά κανόνα επίπεδη με ξύλινα κλειδιά, κάθετα στο επίπεδο της κεφαλής. Στο τέλος του 19ου αιώνα ή στις αρχές του 20ου αιώνα, στην κεφαλή προστίθεται ένα κλειδοθέσιο με επιπλέον ξύλινα κλειδιά, παράλληλα στο επίπεδο του κάτω μέρους της, που στηρίζουν συμπαθητικές χορδές ή χορδές ισοκράτες. Η απόληξη αυτή του κλειδοθεσίου διαμορφώνεται σε σχήμα κοχλία, παρόμοιο με αυτό του βιολιού. Στη συνέχεια με την προσθήκη της γλώσσας καταργούνται τα κλειδιά από το κάτω επίπεδο τμήμα της κεφαλής και καταλήγει στη σημερινή μορφή με μηχανικά κλειδιά μαντολίνου και συνήθη απόληξη κοχλία τύπου βιολιού.

**Κλειδιά ή στριφτάλια**: εδώ στερεώνεται η άνω απόληξη των χορδών και με αυτά ρυθμίζεται η τονικότητά τους μέσω της τάσης. Τα κλειδιά αρχικά ήταν ξύλινα και στη συνέχεια μεταλλικά μηχανικά.

**Πάνω καβαλάρης**: είναι το μέλος που όριζε το άνω άκρο του δονούμενου τμήματος της χορδής στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης. Στη λύρα της Κρήτης έχει προστεθεί τουλάχιστον από τον 19ο αιώνα ένας στύλος ανάμεσα στα δύο κάτω κλειδιά, ο οποίος ορίζει το μήκος της μεσαίας χορδής ίσο με αυτό των υπολοίπων. Αργότερα διαμορφώνεται σε ένα κομμάτι ξύλο ή κόκαλο όπου ακουμπούν και οι τρεις χορδές.

**Ο λαιμός**: το τμήμα μεταξύ ηχείου και κεφαλής όπου το όργανο κρατιέται από το χέρι το οποίο ορίζει με το άγγιγμα των νυχιών των δακτύλων το μήκος της δονούμενης χορδής. Αρχικά δεν ξεχωρίζει από το αχλαδόσχημο ηχείο αλλά στενεύει σταδιακά προς την κεφαλή. Στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι επίμηκες και στενό ξεχωρίζοντας σαφώς από το ηχείο.

**Γλώσσα ή γραβάτα**: στα παλαιά όργανα δεν υπάρχει. Αρχίζει να χρησιμοποιείται στον 20ο αιώνα και συστηματικά καθιερώνεται στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης και παίρνει μορφή αντίστοιχη με αυτή του βιολιού. Η γλώσσα δεν χωρίζεται σε διαστήματα (τάστα για το λόγο αυτό αποφεύγουμε τον όρο ταστιέρα). Το μήκος της παλλόμενης χορδής ορίζεται με το άγγιγμα από το πλάι με το νύχι και όχι με την κλασσική μέθοδο της πίεσης με τη ψίχα των δακτύλων. Για το λόγο αυτό η χορδή απέχει από τη γλώσσα πέντε με επτά χιλιοστά.

**Σκάφος**: το πίσω τμήμα, το αντηχείο δηλαδή του οργάνου, το οποίο είναι ενιαίο πάντα με τον λαιμό ονομάζεται σκάφος.

<sup>7</sup> Βουγιουκαλάκης, (2013), *Η Λύρα της Κρήτης και του Αιγαίου από το Βυζάντιο ως Σήμερα*, Ρέθυμνο, (6)

**Καπάκι:** το εμπρός τμήμα το οποίο κλείνει το αντηχείο και δημιουργεί το ηχείο του οργάνου.

**Στύλος ή ψυχή του οργάνου:** είναι ένας κυλινδρικός ξύλινος στύλος που η κάτω απόληξή του στηρίζεται στο εσωτερικό του σκάφους και η άνω στο πέλμα της γέφυρας από την πλευρά της ψιλής χορδής.

**Μάτια – οπές:** πρόκειται για τις οπές στο καπάκι του αντηχείου που έχουν κατά κανόνα ημικυκλικό σχήμα.

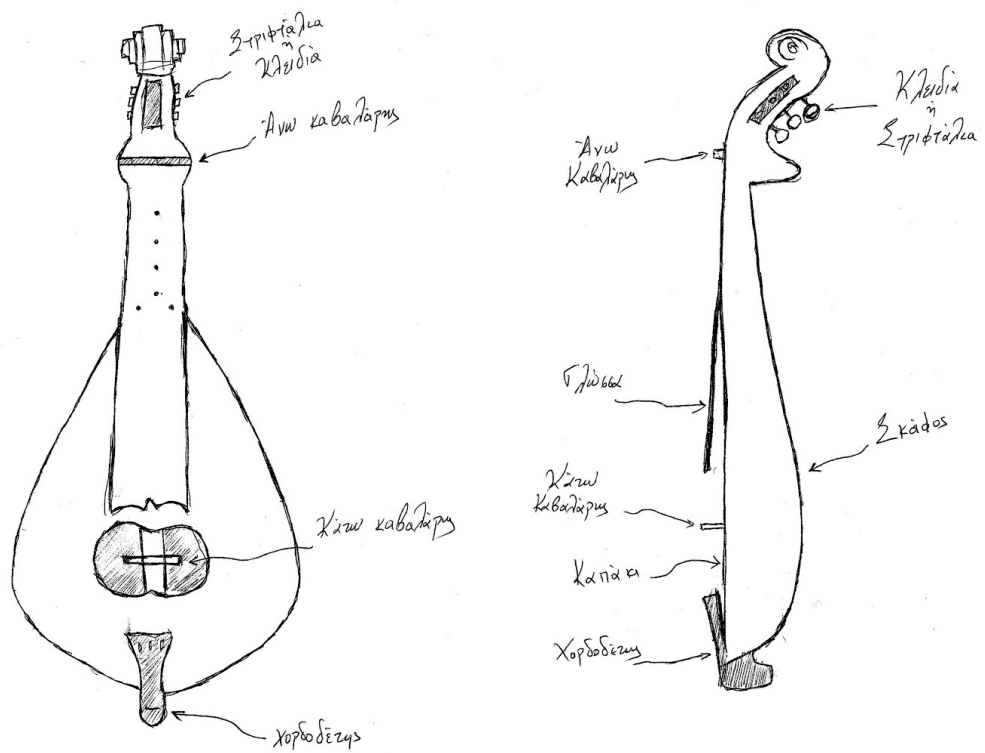
**Κάτω καβαλάρης ή γέφυρα:** πρόκειται για το ξύλο πάνω στο οποίο στηρίζονται οι χορδές. Αυτό στηρίζεται στο καπάκι του αντηχείου και ορίζει το κάτω άκρο του τμήματος της δονούμενης χορδής. Το ένα πέλμα του από την πλευρά της χοντρής χορδής στηρίζεται στο καπάκι ανάμεσα στα μάτια ενώ το άλλο στην άνω απόληξη του στύλου.

**Οι χορδές:** πρόκειται για τις τρεις χορδές, οι οποίες παλαιότερα ήταν εντέρινες σήμερα κατά κανόνα μεταλλικές. Η τονικότητά τους σήμερα για τη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι Λα (4ης οκτάβας), Ρε (4ης οκτάβας) και Σολ (3ης οκτάβας). Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν και συμπαθητικές χορδές ή ισοκράτες, συνήθως από δύο έως τέσσερις. Το μήκος των ενεργών χορδών στη σύγχρονη λύρα της Κρήτης είναι 28 έως 29 εκατοστά.

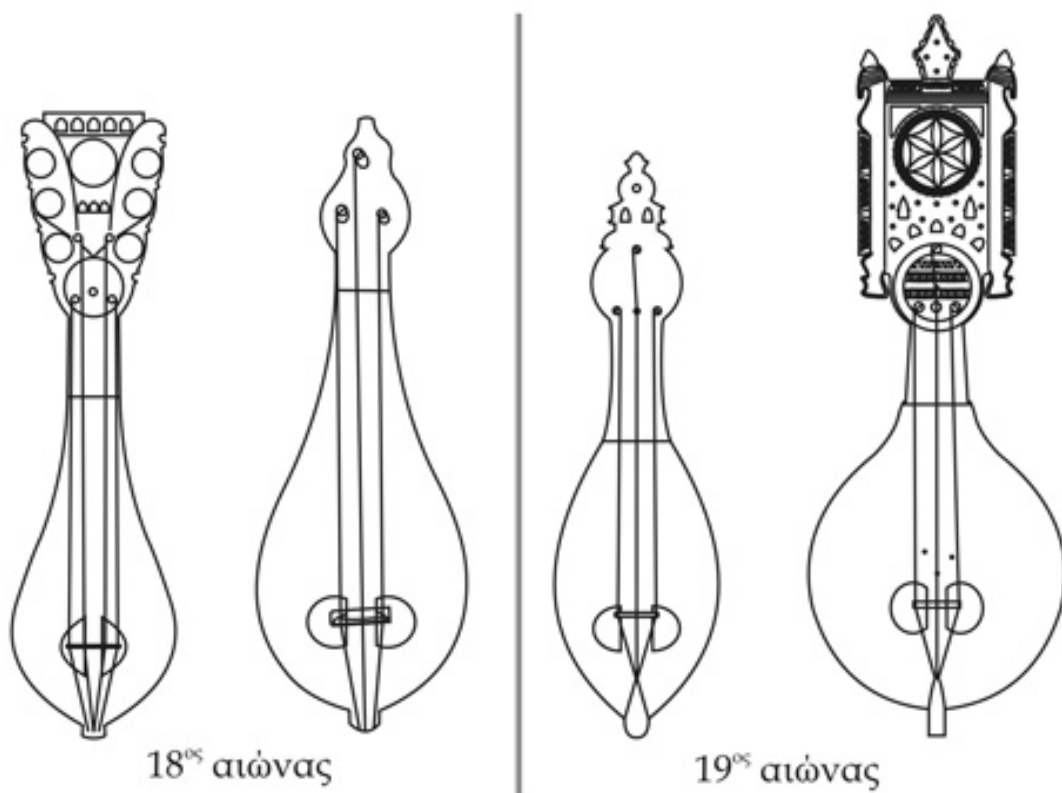
**Χορδοδέτης ή χτένι:** είναι το τμήμα στο οποίο στηρίζονται οι κάτω απολήξεις των χορδών. Παλαιότερα δεν υπήρχε και οι χορδές στηρίζονταν στην απόληξη του σκάφους με χορδή εντέρινη ή μεταλλική (συνήθως σύρμα). Καθιερώνεται τον 20ο αιώνα και συνήθως δένεται σταθερά στην απόληξη του σκάφους με σύρμα.

**Ουρά ή στήριγμα:** είναι η απόληξη του σκάφους όπου στερεώνεται ο χορδοδέτης. Χρησιμοποιείται επίσης από ορισμένους λυράρηδες για να στηρίζεται η λύρα στο γόνατο κατά το παίξιμο. Η θέση αυτή βοηθά στον ιδιότυπο τρόπο εκτέλεσης του οργάνου, όπου για την αλλαγή χορδής δεν μετακινείται μόνο η γωνία του δοξαριού αλλά περιστρέφεται και το ίδιο το όργανο. Σήμερα συνηθίζεται το όργανο να στηρίζεται στον μηρό λίγο πάνω από το γόνατο με την κάτω κυρτή επιφάνεια του σκάφους.

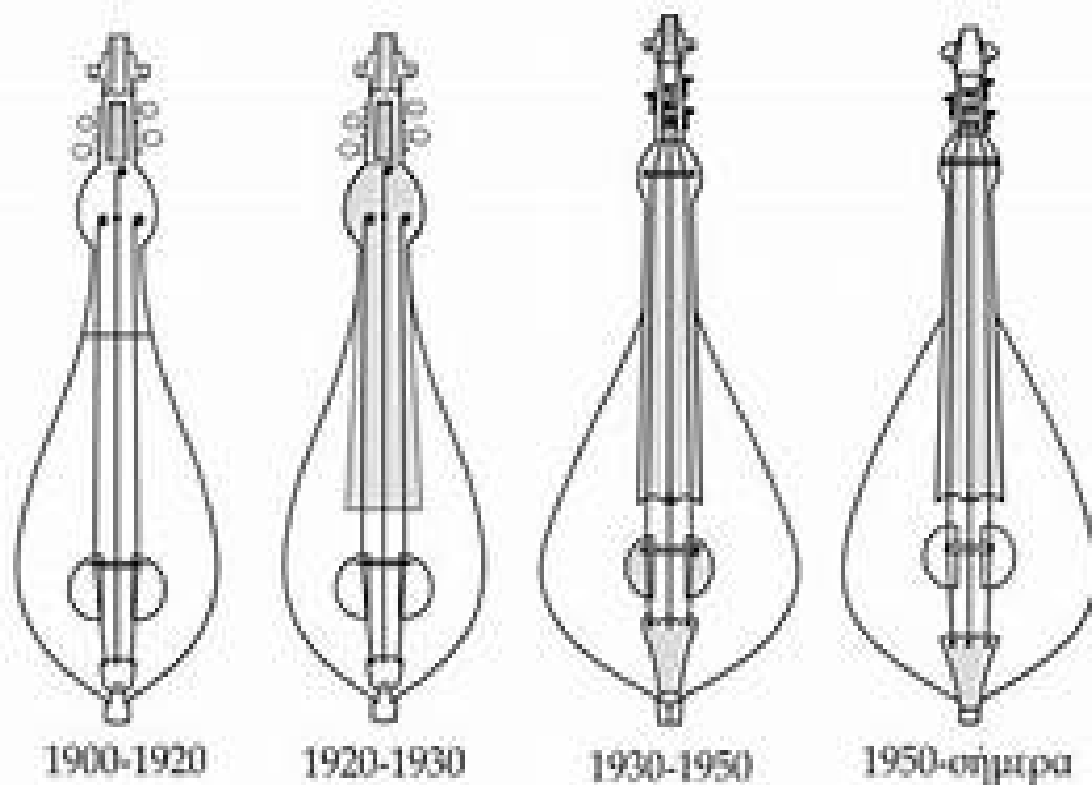
**Νεύρο ή καμάρι:** πρόκειται για μια επιμήκη ράβδο κατά μήκος τους κεντρικού εσωτερικού τμήματος του καπακιού. Συναντάται τόσο στα επίπεδα όσο και στα κυρτά σκαφτά καπάκια. Είναι τόσο δομικό στοιχείο ενίσχυσης του καπακιού στο τμήμα που εξασκούνται οι μεγαλύτερες τάσεις από τις χορδές, μέσω της γέφυρας όσο και στοιχείο βελτίωσης του εκπεμπόμενου φάσματος ήχου κυρίως στις χαμηλές συχνότητες.



<sup>8</sup>**Εικόνα 1:** Η ανατομία της Κρητικής Λύρας.



<sup>8</sup> Τα μέρη της λύρας. (7)



<sup>9</sup> **Εικόνα 2:** Η εξέλιξη της κρητικής λύρας στο χρόνο.

### **3.2 Ross Daly και η δημιουργία της λύρας με συμπαθητικές χορδές**

Ο κ. Ross Daly γεννήθηκε στο Νόρφολκ της Αγγλίας στις 29 Σεπτεμβρίου 1952, από Ιρλανδούς γονείς. Σαν μουσικός, εξειδικεύεται στην κρητική λύρα και το αφγανικό ρεμπάμπ. Ο κ. Ross Daly, σαν παιδί είχε αλλάξει πολλούς τόπους διαμονής σε όλο τον κόσμο, όπως Καναδά, Αγγλία, Ιαπωνία και Καλιφόρνια. Λόγω του επαγγέλματος του πατέρα του, ο οποίος ασχολούνταν με την ανάπτυξη των υπολογιστών. Από πολύ μικρός ξεκίνησε να ασχολείται με τη μουσική, πρώτα ασχολήθηκε με την κλασική μουσική, με το πιάνο, με βιολοντσέλο και μετά στην εφηβεία με κιθάρα

Στα 18του περίπου, που ξαναβρέθηκε με την οικογένεια του στην Καλιφόρνια και στο Σαν Φρανσίσκο, ήρθε σε επαφή με μουσικές της Ανατολής καθώς και με μουσικά όργανα της. Με σκοπό να αναζητήσει και να εμβαθύνει στις μουσικές αυτές παραδόσεις αυτών των τόπων, ξεκίνησε να ταξιδεύει σε διάφορες χώρες από την ανατολική Μεσόγειο μέχρι και σε χώρες της Απω Ανατολής. Το 1970 και 1972 επισκεπτόταν την Κρήτη για μικρά διαστήματα και το 1975 πήρε την απόφαση να μείνει. Έτσι ξεκίνησε να μαθαίνει κρητική λύρα με τον σπουδαίο δάσκαλο Κώστα Μουντάκη. Εκείνη την εποχή έκανε κι αρκετά ταξίδια στην Τουρκία διότι, ήθελε να εμβαθύνει στην οθωμανική και τουρκική μουσική.

Το 1990 έκανε μία δική του τροποποίηση στην κρητική λύρα, έβαλε περισσότερα στοιχεία από τη βυζαντινή λύρα και από το ινδικό σαρανγκι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργήσει μια λύρα με 3 παιζόμενες χορδές μήκους 29 εκατοστών, όπως και στην κλασική Κρητική λύρα και 18 συμπαθητικές χορδές, οι οποίες συντονίζονται παλλόμενες πάνω σε μικρούς καβαλάρηδες. Στα Ινδικά όργανα αυτοί οι καβαλάρηδες ονομάζονται «τζαβάρι». Μετέπειτα, ο αριθμός των συμπαθητικών χορδών αυξήθηκε από 18 σε 22. Αυτό

<sup>9</sup> Η εξέλιξη της λύρας της Κρήτης. (8)

το τροποποιημένο μουσικό όργανο, με την πάροδο του χρόνου έγινε αρκετά δημοφιλές και ορισμένοι οργανοποιοί όπως ο Στέλιος Πατεράκης, ασχολήθηκαν με την κατασκευή και την βελτίωσή του. Ωστόσο, πολλοί άνθρωποι που ασχολήθηκαν με αυτή τη λύρα, συνάντησαν δυσκολίες στο να κάνουν χρήση όλων των δυνατοτήτων του, καθώς και στο να βρουν μια καλλιτεχνική κατεύθυνση πάνω στην οποία να βαδίσουν. Ο κ. Ρος Ντέλι, στη μουσική του συνδυάζει στοιχεία από διάφορα μέρη της Ανατολής τόσο ως προς τα όργανα που χρησιμοποιεί αλλά κι ως προς τους ποικίλους ρυθμούς που περιλαμβάνονται στη δισκογραφία του. Γι αυτόν επίσης τον λόγο, χρησιμοποιεί το ρεμπάμπ καθώς όπως λέει και ο ίδιος, έχει μια ουδετερότητα που καθιστά εύκολη την παρουσία του σε διάφορους ανατολικούς ρυθμούς. Στη δισκογραφία του, χρησιμοποιεί και άλλα μουσικά όργανα εκτός απ' τη λύρα και το ρεμπάμπ, όπως το σαράνγκι, το ούτι, το σάζι, ο ταμπουράς, το λαούτο και η πολιτική λύρα. Αρκετά χρόνια τώρα, που ζει στη Κρήτη μελετά και διδάσκει την παραδοσιακή μουσική του νησιού. Το 1982 έφτιαξε το Μουσικό Εργαστήρι Λαβύρινθος, το οποίο βρίσκεται στο Χουδέτσι Ηρακλείου, με σκοπό να μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να το επισκεφτεί και να μελετήσει τη μουσική παράδοση διάφορων περιοχών του κόσμου κυρίως της Ανατολής. Στον χώρο αυτό ανά διαστήματα φιλοξενούνται και διάφοροι μουσικοί απ' όλο τον κόσμο, για μουσικές παραστάσεις και διάφορα μαθήματα περί μουσικής και μουσικών οργάνων.

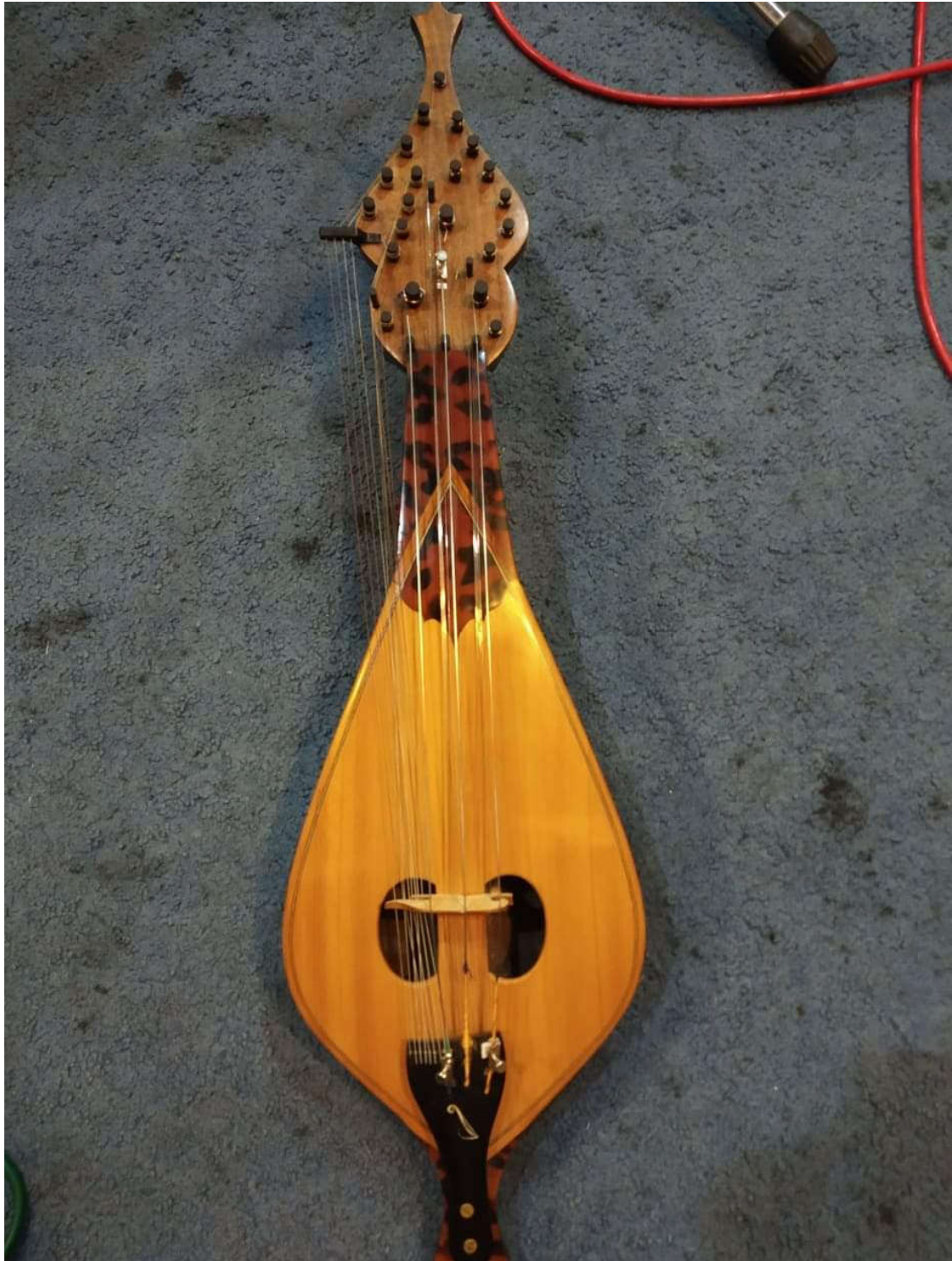


**Εικόνα 3:** Ο Ross Daly παίζοντας λύρα με συμπαθητικές χορδές, με ινδικούς καβαλάρηδες.

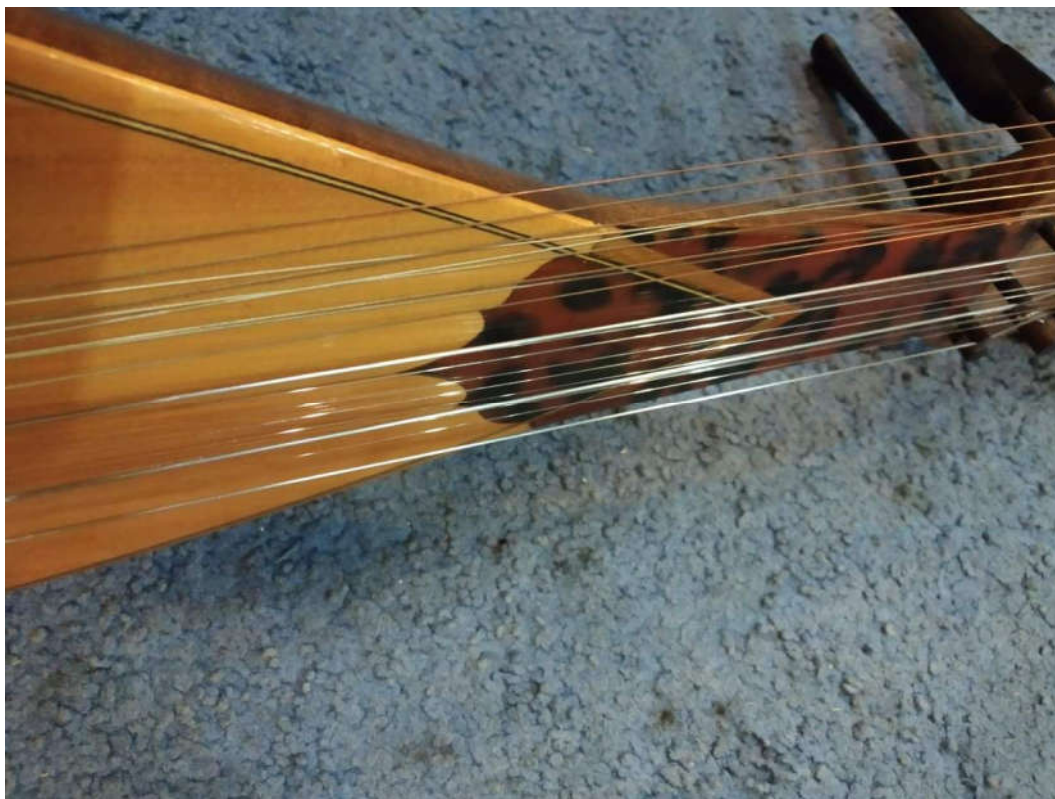


**Εικόνα 4:** Ινδικό Σαράνγκι από την συλλογή Αφγανικών μουσικών οργάνων του Ross Daly στο μουσείο του Λαβύρινθου.





**Εικόνα 5:** Λύρα του Ross Daly με συμπαθητικές χορδές (σκάφος: Κελεμπέκι, καπάκι: Κυπαρίσσι , Κατασκευή: Στέλιος Πετράκης). Η φωτογραφία είναι από το studio ηχογράφησης.



**Εικόνα 6:** Λύρα του Ross Daly με συμπαθητικές χορδές (σκάφος: Κελεμπέκι, καπάκι: Κυπαρίσσι , Κατασκευή: Στέλιος Πετράκης). Η φωτογραφία είναι από το studio ηχογράφησης.



**Εικόνα 7:** Λύρα του Ross Daly με συμπαθητικές χορδές (σκάφος: Κελεμπέκι, καπάκι: Κυπαρίσσι , Κλειδιά: Έβενος, Κατασκευή: Στέλιος Πετράκης). Η φωτογραφία είναι από το studio ηχογράφησης.

### **3.3 Συνέντευξη με τον κ. Ross Daly:**

**Ερ1: Πώς ξεκίνησε η αναζήτηση σας, για ένα νέο όργανο, για μια λύρα διαφορετική από αυτές που έχουμε συνηθίσει;**

**Απάντηση:**

Τη δεκαετία του '80, μάθαινα κρητική λύρα με τον Κώστα Μουντάκη και πολιτική στην Κωνσταντινούπολη. Οπότε, έπαιζα με την μία λύρα και με την άλλη, ανάλογα με το είδος της μουσικής που ήθελα να παίζω. Η κρητική λύρα έχει τρεις χορδές με παιζόμενη χορδή από 28 μέχρι 30 πόντους, συνήθως 29 πόντους, είχα μάθει τις θέσεις των δακτύλων, όλα μια χαρά. Η πολιτική λύρα απ την άλλη έχει να μεν τρεις χορδές αλλά, εντελώς διαφορετική διάταξη, δηλαδή, η μεσαία χορδή είναι 29 πόντους και η πρώτη και η τρίτη 25,5 πόντους, είναι πιο κοντές και διαφορετικές θέσεις δακτύλων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στη προσπάθεια μου να παίζω πρώτα με τη μια λύρα και μετά με την άλλη, να τα παίζω όλα λάθος, μέχρι να προσαρμοστούν τα δάχτυλά μου. Προσαρμόζονταν τα δάχτυλά μου, άλλαζα λύρα και πάλι τα ίδια! Έτσι, σκέφτηκα ότι μάλλον, δεν γίνεται να παίζω και τις δύο λύρες, γιατί απλώς θα ήμουν ένας κακός λυράρης και στα δύο όργανα.

Είπα λοιπόν, να επιλέξω τη μια απ τις δύο λύρες και να συνεχίσω με μία και να κάνω ότι μπορώ με αυτήν. Επέλεξα την κρητική λύρα, επειδή έπαιζα περισσότερο καιρό, σε αντίθεση με την πολιτική που ήταν πιο καινούργιο όργανο για μένα. Ωστόσο όμως, λυπόμουν που έπρεπε να "θυσιάσω" την πολιτική λύρα και τον τρόπο παιξίματος της γιατί, δεν γίνεται εφαρμοστεί στην κρητική λύρα αυτή η τεχνική. Σκέφτηκα λοιπόν, πώς θα μπορούσα να κάνω μια παρέμβαση και να χρησιμοποιήσω και τους δύο τρόπους παιξίματος των δύο λυρών, πάνω σε μία.

**Ερ2: Ποιος ήταν ο τρόπος σκέψης, οι επιρροές, για να κατασκευαστεί αυτή η λύρα εκ πρώτης όψεως;**

**Απάντηση:**

Τα μακριά εβένινα κλειδιά όπως τις πολιτικής λύρας, βοηθούν στο να στηρίζεται πιο σωστά το όργανο, να έχει δηλαδή σωστή κλίση πάνω στο σώμα του οργανοπαίχτη. Σκέφτηκα να φτιάξω ένα όργανο με τέτοια κλειδιά και να παίζω και με τους δύο τρόπους παιξίματος ( κρητικής και πολιτικής λύρας) πάνω σε αυτό. Πήρα μια παλιά μου λύρα και τις έβαλα εβένινα κλειδιά και έκανα πολλές δοκιμές πάνω σε αυτή, χωρίς συμπαθητικές χορδές στην αρχή, συμπαθητικές προσάρμοσα αργότερα. Επειδή, ασχολούμουν με την μουσική της Ινδίας και του Αφγανιστάν που συνηθίζουν να έχουν συμπαθητικές χορδές, ειδικά το ινδικό σαρανγκι, αλλά και η Βουλγάρικη λύρα και η Γκαντούλκα, που έχει 12 συμπαθητικές χορδές σε άλλη διάταξη όμως, γιατί η Γκαντούλκα έχει άλλη τεχνοτροπία, άλλο τρόπο παιξίματος (παίζουν την πρώτη χορδή με το νύχι και τις άλλες δύο με τις άκρες των δακτύλων), αποφάσισα να βάλω και συμπαθητικές χορδές στο όργανο που θα έφτιαχνα και όλα τα χαρακτηριστικά που ήθελα να έχει για να καλύψω τις ανάγκες μου και να βρω τον δικό μου ήχο, τον ήχο που με εκφράζει δηλαδή και όχι να αντικαταστήσω την κρητική λύρα.

**Ερ3: Πότε κατασκευάστηκε η πρώτη λύρα με συμπαθητικές χορδές;**

**Απάντηση:**

Η πρώτη λύρα ήταν με 18 συμπαθητικές χορδές μαζί με τις τρεις παιζόμενες και κατασκευάστηκε το 1991 από τον Νικόλαο Μπρά<sup>10</sup>, ήταν λίγο διαφορετικό το σχήμα της, ήταν πιο κοντή και στρογγυλή προς τα κάτω, με αποτέλεσμα ο καβαλάρης να είναι πιο κοντά στην άκρη του οργάνου, πράγμα που σήμαινε ότι το όργανο είχε πιο μεσαίο ήχο και ήθελα να έχει παραπάνω μπάσες περιοχές. Ο τρόπος να το πετύχεις αυτό είναι να φέρεις τον καβαλάρη σε πιο κεντρικό σημείο στο καπάκι. Όμως, δεν γινόταν αυτό χωρίς να επηρεαστεί το μήκος της χορδής οπότε, είπα να μην πειράξω τον καβαλάρη και να μακρύνω το όργανο προς τα κάτω και έτσι κατέληξα στο σημερινό αποτέλεσμα το οποίο είναι με 22 συμπαθητικές χορδές. Πρόσθεσα ακόμη 4 συμπαθητικές χορδές που θεώρησα ότι θα μου είναι χρήσιμες έτσι ώστε να μην ξανακουρδίζω το όργανο. Το τελικό μοντέλο κατασκευάστηκε από τον Στέλιο Πετράκη<sup>11</sup>, ο οποίος βελτίωσε και ασχολήθηκε πάρα πολύ με το συγκεκριμένο τύπο λύρας το οποίο είναι και ένα πιο ισορροπημένο σχήμα πιστεύω και όντως έχει πολύ καλύτερη ανταπόκριση στα μπάσα από ότι είχε η πρώτη μορφή λύρας με συμπαθητικές χορδές.

#### **Ερ4: Πως προσαρμόσατε τις συμπαθητικές χορδές; Και πως συμβάλουν στο παίξιμό σας;**

##### **Απάντηση:**

Εφτιαξα μια λύρα και έβαλα τις συμπαθητικές χορδές να πάνε κάτω από την κάθε παιζόμενη χορδή σκαλωτά (από πάνω, προς τα κάτω), με μια μικρή κλίση έτσι ώστε να μην τις ακουμπάω με τα δάχτυλα την ώρα που παίζω. Τις κουρδίζω στις νότες που θα συναντήσω στην κάθε χορδή (για την κάθε χορδή), οπότε παίζοντας τις βασικές χορδές πάλλονται και οι συμπαθητικές από κάτω. Επίσης, στην άκρη από την τρίτη χορδή προσάρμοσα και όσες χορδές χρειάζομαι για την τρίτη χορδή και κάποιες ακόμα συμπαθητικές οι οποίες, είτε διπλασιάζουν άλλες χορδές, είτε παίζουν άλλους τόνους, που δεν είναι τόνοι και ημιτόνια αλλά πιο μικρά διαστήματα από τα οποία περνάω παίζοντας κάποιους συγκεκριμένους μουσικούς δρόμους - μακάμ.

#### **Ερ4: Έχετε με τις συμπαθητικές χορδές, χορδή για κάθε ενδεχόμενο φθόγγο (μικροδιαστήματα κ.λ.π.) που θα παίζετε;**

##### **Απάντηση:**

Όχι. Απλώς κουρδίζω τις συμπαθητικές χορδές στην κλίμακα του βασικού τρόπου που θα χρησιμοποιήσω και 2, 3 προβλεπόμενες παραλλαγές. Αν τυχόν όμως, παίζω μια νότα που δεν έχω συμπαθητική χορδή κουρδισμένη ακριβώς σε αυτή τη συχνότητα, απλώς δεν πάλλεται καμία συμπαθητική χορδή και ακούγεται μόνο η κύρια χορδή, οπότε όταν επιστρέψω στην αρχική κλίμακα (την βασική) ενισχύεται ο ήχος και βολεύει γιατί έχουμε όγκο στους φθόγγους.

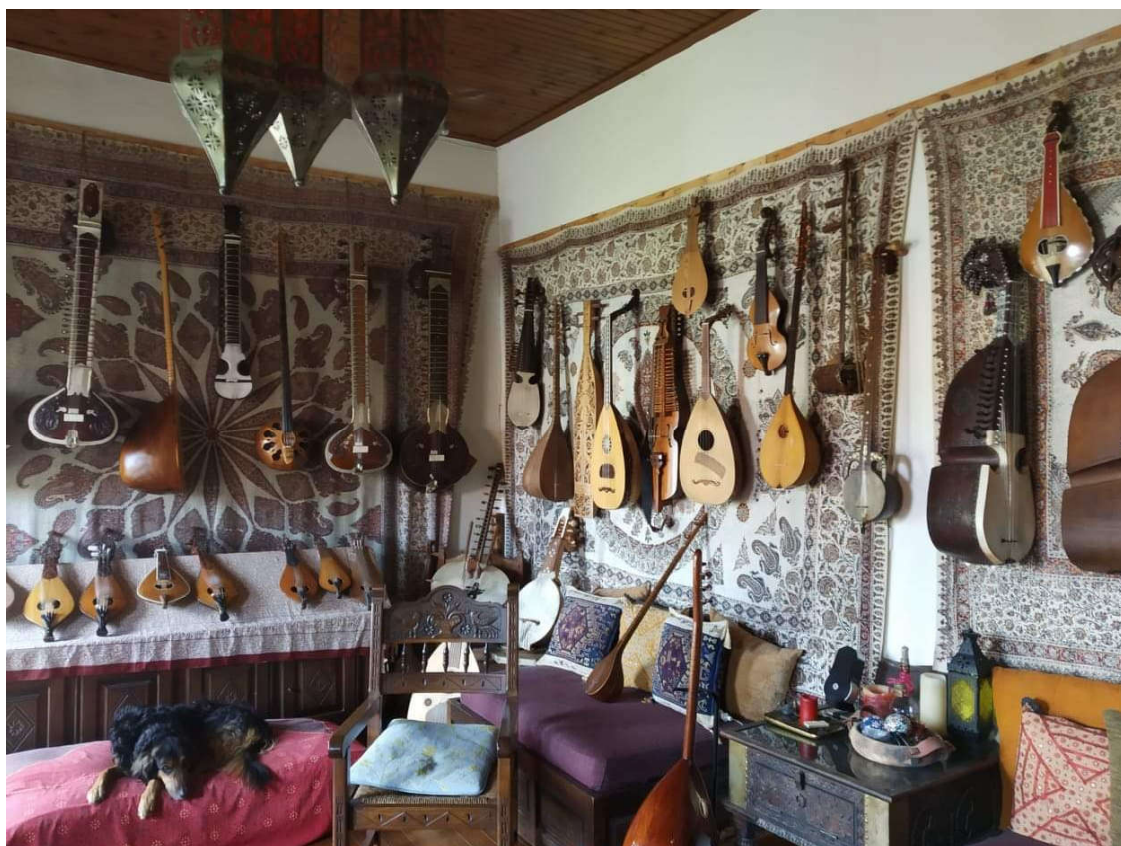
#### **Ερ5: Χρωματίζουν και προσφέρουν ένα φυσικό βάθος στον ήχο του οργάνου θα λέγατε δηλαδή, οι συμπαθητικές χορδές;**

<sup>10</sup> Νικόλαος Μπρας: γεννήθηκε στο Ηράκλειο Κρήτης το 1949. Κατάγεται από την οικογένεια Μπρα που έχει αναγνωριστεί για το κοινωνικό της έργο στον τομέα της μουσικής. Το 1977 άρχισε να κατασκευάζει μουσικά όργανα, κυρίως παραδοσιακά, αρκετά από τα οποία χρησιμοποιούνται από γνωστούς μουσικούς (Ρος Ντέιλι, Στέλιος Βαμβακάρης). (9)

<sup>11</sup> Στέλιος Πετράκης: γεννήθηκε το 1975 και μεγάλωσε στη Σητεία της Κρήτης. Το 1983 εγγράφηκε στη Μουσική Σχολή Σητείας στη λύρα με δασκάλους το Γιάννη Δάνδολο(1983), το Ross Daly (1984) και την Ελένη Δρεττάκη(1985-1993) υπό τη Διεύθυνση του Κώστα Μουντάκη. Τυπικά περατώνει τις σπουδές του στη λύρα το 1993. (10)

## Απάντηση:

Ναι προσφέρουν έναν φυσικό απόηχο, ένα φυσικό βάθος.



**Εικόνα 8:** Ο χώρος που μας φιλοξένησε ο κ. Ross Daly για την συνέντευξη. Μερικά μουσικά όργανα από το Μουσείο του Λαβύρινθου.

## 4. Πειραματικό μέρος ακουστικής μελέτης

### 4.1 Θεωρητική εισαγωγή

Στο μέρος αυτό θα παρουσιάσουμε τον φυσικό μηχανισμό παραγωγής του ήχου στα έγχορδα που παίζονται με δοξάρι όπως η λύρα<sup>12</sup>.

### 4.2 Χορδές

Χορδή μήκους  $L$  διατηρείται τεντωμένη από μία τάση  $T$ . Όταν βρίσκεται σε ισορροπία, η χορδή συμπίπτει με τον άξονα  $x$ , αν όμως διεγερθεί με δοξάρι πάχους  $\Delta x$ , η λύση της κυματικής εξίσωσης δίδει δύο κύματα που διαδίδονται προς τη θετική και αρνητική φορά του άξονα  $x$  μέχρι να ανακλαστούν στα δύο σταθερά άκρα της χορδής. Μετά την ανάκλαση η χορδή βρίσκεται υπό την επήρεια των δύο κυμάτων που συμβάλουν και σχηματίζονται στάσιμα κύματα. Για να δειχθεί ότι η διέγερση με το δοξάρι προκαλεί κύμα στη χορδή πρέπει

<sup>12</sup> *Thomas D. Rossing, F. Richard Moore and Paul A. Wheeler [2002], «The science of sound», 3<sup>rd</sup> Edition. (11)*  
*Neville H. Fletcher and Thomas D. Rossing [1993], «The Physics of Musical Instruments», 2<sup>nd</sup> Edition. (12)*

να αποδείξουμε ότι η προκαλούμενη διαταραχή ικανοποιεί την κυματική εξίσωση.

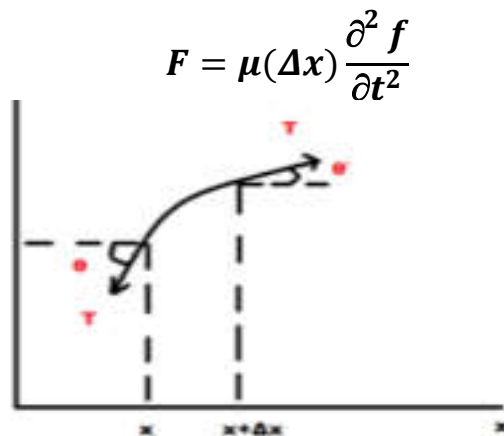
Οι χορδές είναι σώματα των οποίων οι διαστάσεις  $y$  και  $z$  είναι αμελητέες σε σχέση με το μήκος τους ( $x$  διάσταση). Η συνολική εγκάρσια δύναμη που ασκείται σ ένα τμήμα της χορδής που βρίσκεται μεταξύ των σημείων  $x$  και  $x+\Delta x$  (όσο το πάχος του δοξαριού) (Σχ. 1) είναι:

$$F = T \sin \theta' - T \sin \theta,$$

όπου  $\theta'$  είναι η γωνία που σχηματίζει η χορδή με τον άξονα  $x$  στο σημείο  $x+\Delta x$  και  $\theta$  είναι η αντίστοιχη γωνία στο σημείο  $x$ . Με την προϋπόθεση ότι οι παραμορφώσεις της χορδής είναι μικρές (όπως συμβαίνει στην πραγματικότητα), μπορούμε να αντικαταστήσουμε το ημίτονο με την εφαπτομένη. Έτσι, αν η εγκάρσια μετατόπιση της χορδής είναι  $f(x,t)$ , η  $F$  γράφεται

$$F \cong T(\tan \theta' - \tan \theta) = T \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x+\Delta x} - \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)_x \right] \cong T \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \Delta x$$

Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα όμως, έχουμε ότι



Σχήμα 1

όπου  $\mu$  είναι η γραμμική πυκνότητα της χορδής (μάζα ανά μονάδα μήκους).

Συνεπώς,

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

Για μικρές λοιπόν παραμορφώσεις η συνάρτηση που περιγράφει τις εγκάρσιες μετατοπίσεις της χορδής ικανοποιεί την κυματική εξίσωση:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad 13$$

Η γενική λύση της εξίσωσης αποτελείται από δύο όρους, τα κύματα που οδεύουν σε αντίθετες κατευθύνσεις (το  $-$  προς τη θετική φορά και το  $+$  προς την αρνητική φορά του άξονα  $x$  αντίστοιχα):

$$y(x, t) = ae^{i(kx-\omega t)} + be^{i(kx+\omega t)}$$

όπου  $k$  είναι ο κυματαριθμός (κυματάνυσμα στις τρεις διαστάσεις) και  $\omega$  η κυκλική συχνότητα του κύματος. Οι σταθερές  $a$  και  $b$  προσδιορίζονται από τις αρχικές συνθήκες.

Η υπέρθεση των δύο λύσεων δίνει τα στάσιμα κύματα που ταλαντεύουν τη χορδή εγκάρσια σε άπειρο αριθμό συχνοτήτων.

$$y(x, t) = (2y_0 \sin kx) \cos \omega t$$

με  $y_0$  το πλάτος των δύο κυμάτων της λύσης. Το πλάτος του στάσιμου κύματος (ο όρος στην παρένθεση) είναι μεταβλητό ανάλογα με τη θέση  $x$  πάνω στη χορδή.

Τα πακτωμένα άκρα είναι δεσμοί υποχρεωτικά. Αν λάβουμε υπόψη ότι η απόσταση δυο διαδοχικών δεσμών είναι  $\lambda/2$  ή ότι η απόσταση δεσμού-κοιλίας  $\lambda/4$ , για να υπάρξει συντονισμός στο μήκος της χορδής η οποία είναι πακτωμένη και στα δύο άκρα της, θα πρέπει το μήκος της  $L$  να είναι πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος  $\lambda/2$  (είτε περιττό πολλαπλάσιο του  $\lambda/4$  αν η χορδή είναι ελεύθερη στο ένα άκρο).

$$L = n \frac{\lambda}{2}, n = 1, 2, 3, 4, ..$$

Για να προκύψουν οι συχνότητες ταλάντωσης της χορδής αντικαθιστούμε το μήκος κύματος με τη συχνότητα από τη σχέση

$$\lambda f = v$$

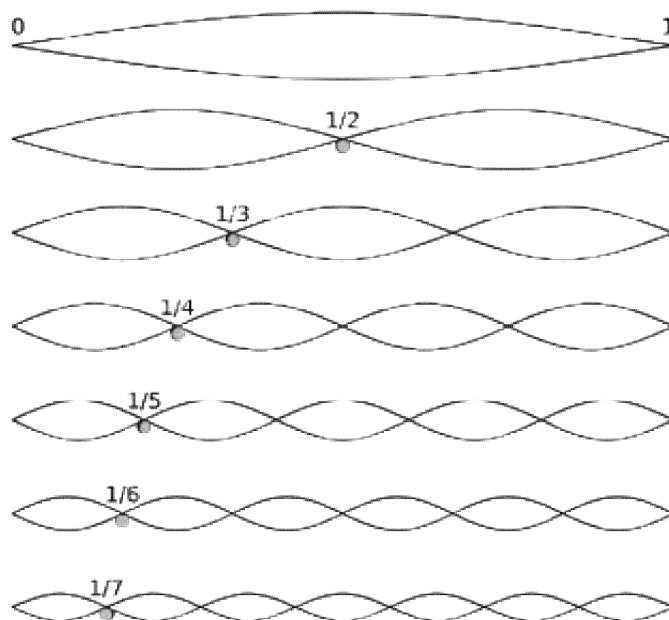
και αντικαθιστώντας και την ταχύτητα με το ίσο της για την περίπτωση της χορδής προκύπτει ότι οι συχνότητες ταλάντωσης της χορδής είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας  $f_0$  που ονομάζεται θεμελιώδης και δίνεται από την σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Όπου  $L$  είναι το μήκος της χορδής,  $T$  η τάση που είναι τεντωμένη η χορδή και  $\mu$  η γραμμική

<sup>13</sup> Ταταράκης Μ. Φυσική Ακουστική Μουσικών οργάνων. Σημειώσεις Θεωρίας. Επιμέλεια: Ταταράκης Μ.σ.98-99 Κεφ8.Ηλεκτροδυναμική.  
(13)

της πυκνότητα. Η Εικόνα 9 δίδει μια αναπαράσταση των τρόπων ταλάντωσης της χορδής, ο κάθε τρόπος αντιστοιχεί σε μια συχνότητα.



**Εικόνα 9:** Ταλαντώσεις χορδής πακτωμένη στα δύο άκρα της.

### **4.3 Συντονισμός αέρινης κοιλότητας**

Ένας από τους σημαντικούς συντονισμούς ο οποίος χαρακτηρίζει το μουσικό όργανο, είναι η αέρινη συχνότητα συντονισμού του αντηχείου. Ο συντονισμός αυτός έχει μελετηθεί από το Helmholtz (1821-1894), ονομάζεται για το λόγο αυτό και συχνότητα Helmholtz και δίνεται από τον τύπο[12]:

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{VI}}^{14}$$

Όπου  $v$  η ταχύτητα του ήχου στον αέρα (m/s),  $V$  ο όγκος του συντονιστή ( $m^3$ ),  $I$  το μήκος του λαιμού του συντονιστή (m) και  $a$  η επιφάνεια του λαιμού. Από τη συχνότητα αυτή μπορούμε να προσδιορίζουμε πειραματικά σε αρκετές περιπτώσεις μουσικών οργάνων τον όγκο του αντηχείου. Όσο χαμηλότερη είναι αυτή η συχνότητα, τόσο μεγαλύτερος ο όγκος του αντηχείου, άρα τόσο ποιο «μπάσο» είναι το μουσικό όργανο.

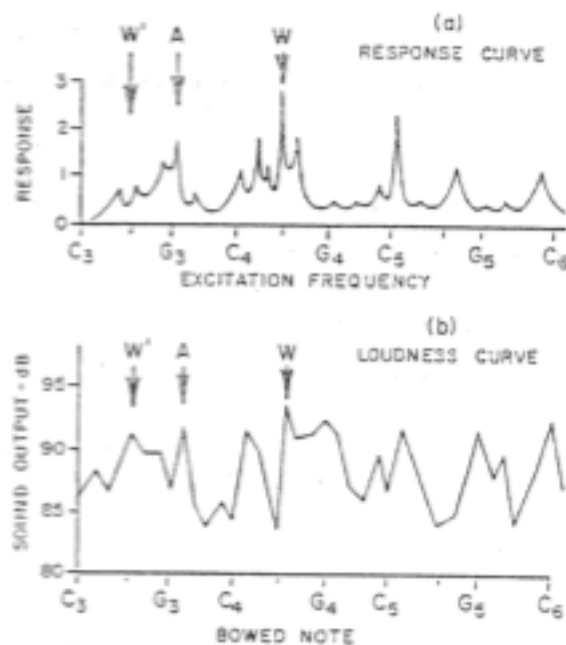
### **4.4 Καμπύλες ακουστότητας και συχνοτικής απόκρισης**

Η καμπύλη ακουστότητας δημιουργείται παίζοντας μία χρωματική κλίμακα (μια-μια χρωματικά όλες τις νότες) όσο το δυνατόν πιο «ισχυρά» και καταγράφοντας τη στάθμη ηχητικής πίεσης για την κάθε νότα ξεχωριστά[12]: Η καμπύλη ακουστότητας δείχνει το παραγόμενο, συχνοτικό εύρος συναρτήσει του πλάτους της έντασης. Από αυτήν την καμπύλη

<sup>14</sup> Σκαρλάτος, Δ.,(2008),Εφαρμοσμένη Ακουστική, Gotsis, Πάτρα, Γ'έκδοση,σ.226-228. (14)



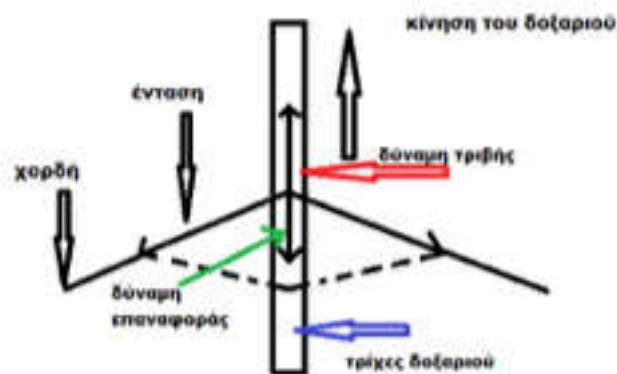
μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις συχνοτικές περιοχές που ανταποκρίνεται καλύτερα το μουσικό όργανο δείχνοντας έτσι και την ποιότητα του αφού κατά την καταγραφή της καμπύλης ακουστότητας το όργανο εξαντλεί τις δυνατότητες του. Όσο πιο επίπεδη είναι η καμπύλη ακουστότητας τόσο υψηλότερης ποιότητας είναι το μουσικό όργανο αφού ανταποκρίνεται καλά σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων. Ένα υψηλής ποιότητας βιολί που για παράδειγμα, έχει σχετικά ομοιόμορφη καμπύλη χωρίς έντονες διακυμάνσεις, αυτό δείχνει ότι το όργανο μπορεί να αποκριθεί με επιτυχία σε ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Η καμπύλη συχνοτικής απόκρισης είναι η καταγραφή της απόκρισης του οργάνου όταν αυτό διεγείρεται με τρόπους που περιλαμβάνουν ημιτονοειδή διέγερση, ηχοβόλιση σε συγκεκριμένες συχνότητες ή κρουστική διέγερση. Στη διέγερση μέσω ηχοβόλισης, το μουσικό όργανο ηχοβολείται με sweep tones, για παράδειγμα, από ηχείο τοποθετημένο σε κοντινή απόσταση και με σταθερά ελεγχόμενη ένταση. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες καταγράφουν την απόκριση του οργάνου.



**Καμπύλες Συχνοτικής Απόκρισης και Ακουστότητας βιόλας.** W': wood prime frequency (κύρια ξύλινη συχνότητα), A: air frequency (αέρια συχνότητα), W: wood frequency (ξύλινη συχνότητα)

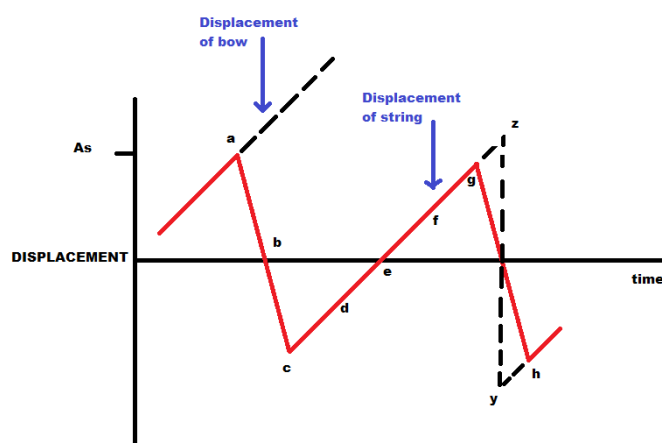
#### **4.5 Η δράση του δοξαριού**

Η χορδή του βιολιού εξαναγκάζεται σε ταλάντωση λόγω της δύναμης τριβής που ασκεί το δοξάρι (bow). Ο τρόπος κατασκευής και χρήσης του δοξαριού βελτιώθηκε μετά από χρόνια μελέτης και έρευνας. Το δοξάρι της λύρας κατασκευάζεται τεντώνοντας το ένα άκρο από μια δέσμη από λεπτό πλαστικό ή τρίχες ουράς αλόγου πάνω στον μακρόστενο κυλινδρικό άξονα (stick) ενώ το άλλο κομμάτι της δέσμης στερεώνεται σε μια ξύλινη μετακινούμενη μικρή βάση (frog). Η βάση είναι ενωμένη με τον άξονα με τρόπο κατάλληλο ώστε να μετακινείται μέσω μιας βίδας κατασκευασμένης για αυτόν τον σκοπό (adjusting screw). Βιδώνοντας ξεβιδώνοντας την βίδα αυτή αυξομειώνουμε την τάση των τριχών. Το δοξάρι τοποθετείται στις χορδές κοντά στον καβαλάρη και «κάθεται» πάνω στις χορδές σε γωνία  $\sim 90^\circ$  και κινείται ώστε να διεγείρει τη χορδή κάθετα στον άξονα της. Το δοξάρι μετατοπίζει τις χορδές εξαιτίας της δύναμης τριβής. Οι δυνάμεις τριβής και επαφής απεικονίζονται στην Εικόνα 10.



**Εικόνα 10:** Αλληλεπίδραση δοξαριού-χορδής.

Ο συντελεστής τριβής αυξάνεται μετά την επικάλυψη των τριχών με ρετσίνι. Η χορδή από την άλλη είναι ένα ελατήριο και αντιστέκεται στην μετατόπισή της από το δοξάρι μέσω της δύναμης επαναφοράς. Η δύναμη επαναφοράς είναι ανάλογη με την μετατόπιση της χορδής. Όταν η δύναμη επαναφοράς αποκτήσει μέτρο μεγαλύτερο (η φορά είναι αντίθετη) από αυτό της τριβής η χορδή αποκολλάται από το δοξάρι και κινείται «κάτω» από το δοξάρι σε αντίθετη διεύθυνση από την κίνηση του δοξαριού. Επιστρέφει στο σημείο ισορροπίας και κινείται προς την αντίθετη φορά. Σταματάει όταν η μετατόπιση της είναι περίπου ίση (είναι ουσιαστικά μικρότερη λόγω απωλειών ενέργειας) με την αρχική μετατόπιση που είχε προκαλέσει το δοξάρι προς την άλλη διεύθυνση. Το δοξάρι μετά «πιάνει» ξανά τη χορδή και την τραβάει εκτός του σημείου ισορροπίας και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Η χορδή κινείται το περισσότερο ποσοστό του χρόνου ενός πλήρους κύκλου μαζί με το δοξάρι. Η διαδικασία αυτή αποτυπώνεται στην εικόνα 11.

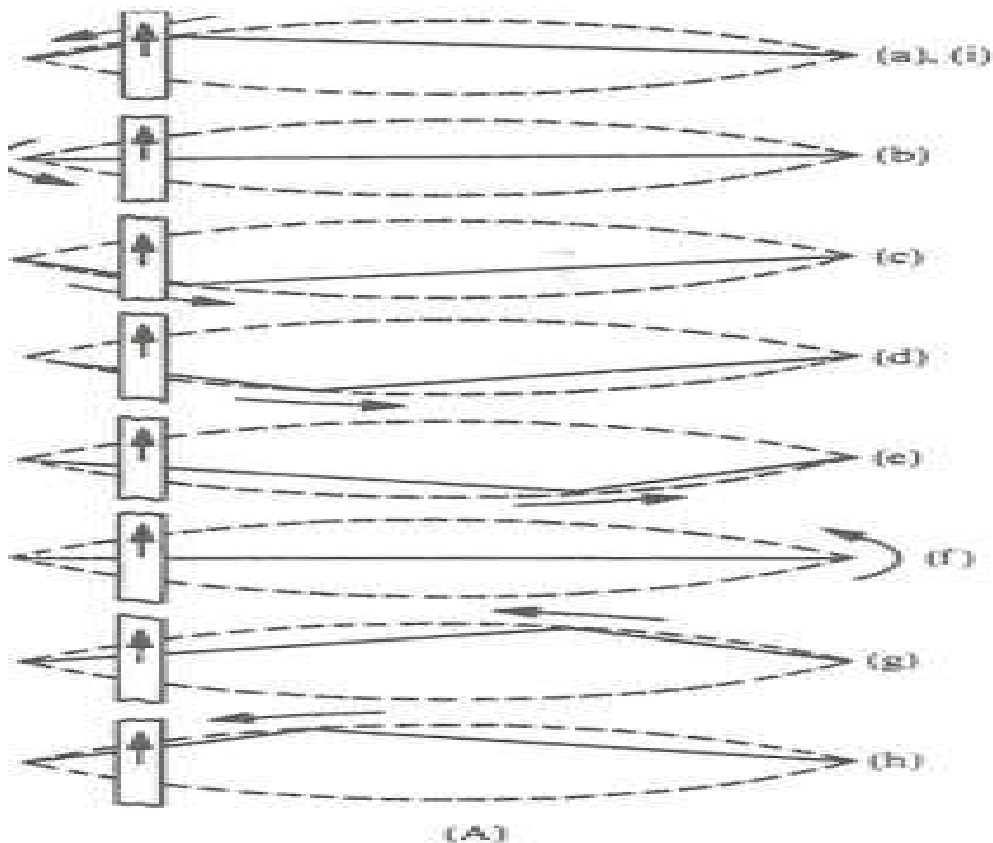


<sup>15</sup>**Εικόνα 11:** Ο κύκλος αλληλεπίδρασης δοξαριού-χορδής.

Αν μελετήσουμε την κίνηση όλης της χορδής και όχι μόνο της περιοχής που εφάπτεται στο δοξάρι θα παρατηρήσουμε την κίνηση όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 12. Καθώς η χορδή μετατοπίζεται κάθετα από το δοξάρι στην κατεύθυνση του βέλους και θέτει τη χορδή σε

<sup>15</sup> Παπαδογιάννης, Ν., Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Θεωρίας, Επιμέλεια: Παπαδογιάννης Ν., σ.5. (15)

ταλάντωση. Η τάση στα δύο άκρα της χορδής που φτιάχνουν την καμπύλη έχουν μια γωνία μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην εικόνα 12. Στο μάτι μας η χορδή φαίνεται να ταλαντώνεται πάνω-κάτω ανάμεσα στις διακεκομμένες γραμμές τις εικόνας 12 σαν ένα μικρό μήκος κύματος ενός στάσιμου κύματος. Όμως αν παρατηρήσουμε με στροβοσκοπικό φωτισμό το φαινόμενο διαπιστώνουμε την πραγματική κίνηση κατά την οποία η γωνία που δημιουργεί το δοξάρι στην χορδή κινείται εμπρός και πίσω σε σχέση με την θέση ισορροπίας της χορδής. Η Εικόνα 12 δείχνει το σχήμα της χορδής την χρονική στιγμή που αρχίζει να χάνεται η επαφή με το δοξάρι και να πηγαίνει κάτω από αυτό με την γωνία της χορδής κάτω από τη χορδή. Όταν η χορδή γλιστρήσει η γωνία κινείται προς την γέφυρα όπως μας δείχνουν τα βέλη στην Εικόνα 12a. Αμέσως μετά, η γωνία φτάνει στην γέφυρα και η χορδή στιγμιαία γίνεται ευθεία (Εικόνα 12b). Στην Εικόνα 12c η γωνία κινείται μακριά από την θέση ισορροπίας και από την απέναντι πλευρά και η διαδικασία συνεχίζεται όπως δείχνουν οι Εικόνες 12d και 12e. Η γωνία που έχει δημιουργηθεί στην χορδή από το δοξάρι κινείται κατά μήκος της μέχρι το nut. Η άφιξη της γωνίας στην θέση του δοξαριού (Εικόνα 12a) παρέχει έναν παλμό που ξεκινά το γλίστρημα της χορδής κατά μήκος του δοξαριού. Σχεδόν ίδια και η μετέπειτα άφιξη της χορδής στο δοξάρι (Εικόνα 12c) όπου δίνει την κατάλληλη δύναμη για να σταματήσει η κίνηση της χορδής και επιτρέπει στο δοξάρι να «ξαναπιάσει» τη χορδή. Η γωνία κινείται μπροστά-πίσω κατά το μήκος της χορδής κάνοντας μια πλήρη περιστροφή κατά την διάρκεια μιας περιόδου της δόνησης.



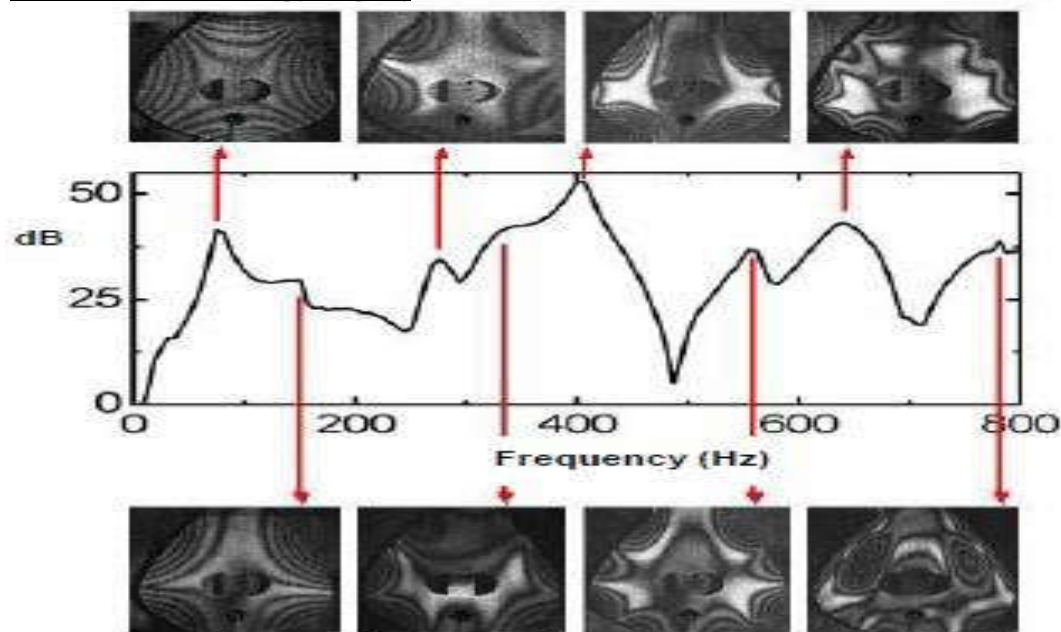
**Εικόνα 12:** Μηχανισμός ταλάντωσης του δοξαριού-χορδής.

<sup>16</sup> *Ελευθερίου Μ., Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Εργαστηρίου, σ. 9 (16)*

Ο χρόνος που χρειάζεται να ολοκληρωθεί ένας κύκλος εξαρτάται μόνο από το μήκος της χορδής και από την τάση, συνεπώς η συχνότητα δόνησης της χορδής που παίζεται από το δοξάρι παραμένει σχεδόν η ίδια για μια πληθώρα διαφορετικών συνθηκών παιξίματος με το δοξάρι.

Η δύναμη που ασκείται πάνω στην γέφυρα από την χορδή είναι η συνισταμένη από δύο τάσεις. Η μια τάση προκύπτει εξαιτίας της κίνησης της χορδής και άλλη τάση οφείλεται στο τμήμα της χορδής που συνδέεται με τον χορδοδέκτη. Εάν εξετάσουμε την κίνηση της χορδής στην Εικόνα 12 καθώς πηγαίνουμε από το (a) έως το (c), μπορούμε να δούμε ότι από το (a) στο (b) η τάση  $T$  της χορδής δείχνει προς την πάνω διακεκομμένη γραμμή, από το (b) στο (c) δείχνει προς την κάτω διακεκομμένη και στο (b) αλλάζει πολύ γρήγορα από πάνω προς κάτω. Όμοια, από το (c) στο (d), (e), (g) και πίσω στο (a), η τάση αλλάζει ομαλά από την κάτω διεύθυνση στην πάνω. Συμπεραίνουμε ότι η συνισταμένη δύναμη προς την διεύθυνση της χορδής έχει πριονωτή κυματομορφή. Αυτή η κυματομορφή είναι ανεξάρτητη από το πώς ή που παίζουμε με το δοξάρι την χορδή. Αν καταφύγουμε σε μετασχηματισμό Fourier σε αυτή την κυματομορφή θα δούμε ότι έχει όλες τις αρμονικές  $1\eta$ ,  $2\eta$ ,  $3\eta$ ,  $4\eta$  ... με σχετικά πλάτη  $1$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  ... Έτσι ως πρώτο συμπέρασμα μπορούμε να βγάλουμε ότι η χροιά της χορδής που παίζεται με δοξάρι είναι ανεξάρτητη με το σημείο επαφής του δοξαριού με τη χορδή. Όμως, κάθε πεπειραμένος οργανοπαίχτης γνωρίζει ότι υπάρχει μια χρήσιμη περιοχή τονικών χαρακτηριστικών η οποία μπορεί να επιτευχθεί αλλάζοντας τη θέση του δοξαριού πάνω στην χορδή, καθώς και τη δύναμη που ασκείται στο δοξάρι για να εκτελέσει την κίνηση του. Αυτή η τελευταία πίεση ονομάζεται «πίεση δοξαριού», λάθος σαν ορολογία γιατί στην πραγματικότητα είναι δύναμη και η δύναμη αυτή πρέπει να έχει μια ελάχιστη τιμή, αλλιώς το δοξάρι θα γλιστρά κατά μήκος της χορδής χωρίς να παράγει δόνηση. Έχει επίσης και μια μέγιστη τιμή πάνω από την οποία το δοξάρι δεν έχει την δυνατότητα να γλιστρήσει ομαλά και έτσι δονείται με ακανόνιστο τρόπο. Ο λόγος ελάχιστης προς μέγιστης δύναμης είναι περίπου 10:1. Το γεγονός ότι διαφορετικές χροιές μπορούν να δημιουργηθούν από διαφορετικές θέσης δοξαριού σημαίνει ότι η πριονωτή μας κυματομορφή δεν είναι απόλυτη. Οι πρώτες αρμονικές θα παραμένουν ίδιες, αλλά οι ψηλότερες θα επηρεάζονται σημαντικά από την θέση του δοξαριού. Όταν το δοξάρι εφαρμόζεται κοντά στην ταστιέρα, μπλοκάρουμε κάποιες ψηλές αρμονικές και ο ήχος γίνεται πιο «γλυκός» και «μαλακός» (sul tasto). Ενώ αντίθετα, όσο πάμε πιο κοντά στην γέφυρα, οι ψηλές αρμονικές αυξάνονται με αποτέλεσμα η λύρα να ακούγεται πιο «φωτεινή». Όταν διεγείρουμε δίπλα ακριβώς στη γέφυρα (sul ponticello), έρευνες έδειξαν ότι η χορδή παύει να κινείται ομαλά και αυτό καταλήγει σε ασθενή και υπερβολικά ασυνήθιστο τόνο. Είναι αδύνατο σε τούτο το σημείο να εφαρμόσουμε πιο πολύ δύναμη για να ακουστεί καθαρά ο τόνος.

#### 4.6 Το καπάκι της λύρας



**<sup>13</sup>Εικόνα13:** Ιδιοσυχνότητες ταλάντωσης του καπακιού της λύρας. Απεικόνιση μέσω συμβολομετρικών μεθόδων (Electronic Speckle Pattern Interferometry).

Το καπάκι της κρητικής λύρας δονείται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την συχνότητα συντονισμού του (normal modes). Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να αποτυπώσουμε αυτούς τους συντονισμούς, ένας από αυτούς τους τρόπους και μάλιστα από τους πιο συγχρόνους, είναι η μέθοδος του ESPI (Electronic Speckle<sup>17</sup> Pattern Interferometry). Σε αυτή την μέθοδο με μια γεννήτρια καθαρού τόνου, που παράγει κυματομορφή ημιτόνου, ακτινοβολούμε ηχητικά το καπάκι και καταγράφουμε τους κροσσούς συμβολής.

### **4.7 Πειραματικό μέρος**

Στο πειραματικό μέρος αυτής της διπλωματικής εργασίας έγινε ακουστική μελέτη λύρας με συμπαθητικές χορδές και με απομονωμένες τις συμπαθητικές χορδές (ίδια λύρα). Η λύρα ηχογραφήθηκε μέσω του εξοπλισμού ηχογράφησης του studio και ηχοβολίστηκε στην αίθουσα ηχοβολισμού του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής.

### **4.8 Ηχογράφηση λύρας, εκτέλεση και καταγραφή πειράματος**

#### **Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία της ηχογράφησης:**

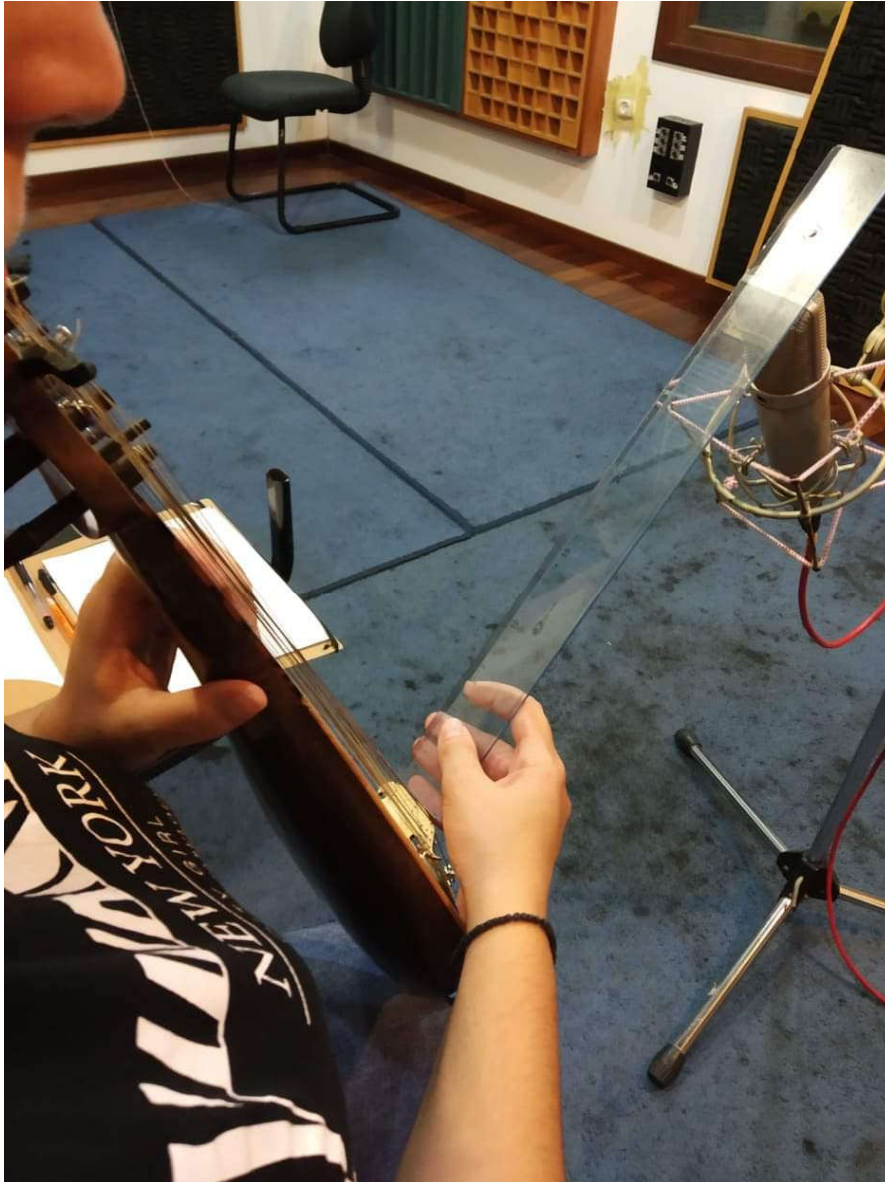
- Πυκνωτικό, καρδιοειδές μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος. Neumann U89i
- Studio κονσόλα Audient.
- Ακουστικά κλειστού τύπου για επικοινωνία με τον μουσικό.
- Βάση μικροφώνου.
- 2 XLR καλώδια.
- 1 Λύρα με συμπαθητικές χορδές και την ίδια λύρα με κλειστές της συμπαθητικές χορδές και το δοξάρι της.
- Λογισμικό Digital Audio Workstation Audacity για την επεξεργασία του ηχογραφημένου υλικού.
- Λογισμικό φασματικής ανάλυσης Room EQ Wizard για την μελέτη της λύρας σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Ριζόχαρτο για τη σχεδίαση των οπών.
- Μιλμετρέ χαρτί για την απεικόνιση των οπών και την εύρεση του εμβαδού των οπών.
- Παχύμετρο.
- Μέτρο.

Το μικρόφωνο τοποθετήθηκε έτσι ώστε η on-axis διεύθυνση του να «κοιτάζει» τον κάτω καβαλάρη και να έχει απόσταση από αυτόν 30cm ακριβώς. Για αυτό το πείραμα φροντίσαμε να ακολουθήσουμε πιστά ίδιες συνθήκες για τη λύρα με συμπαθητικές χορδές και με

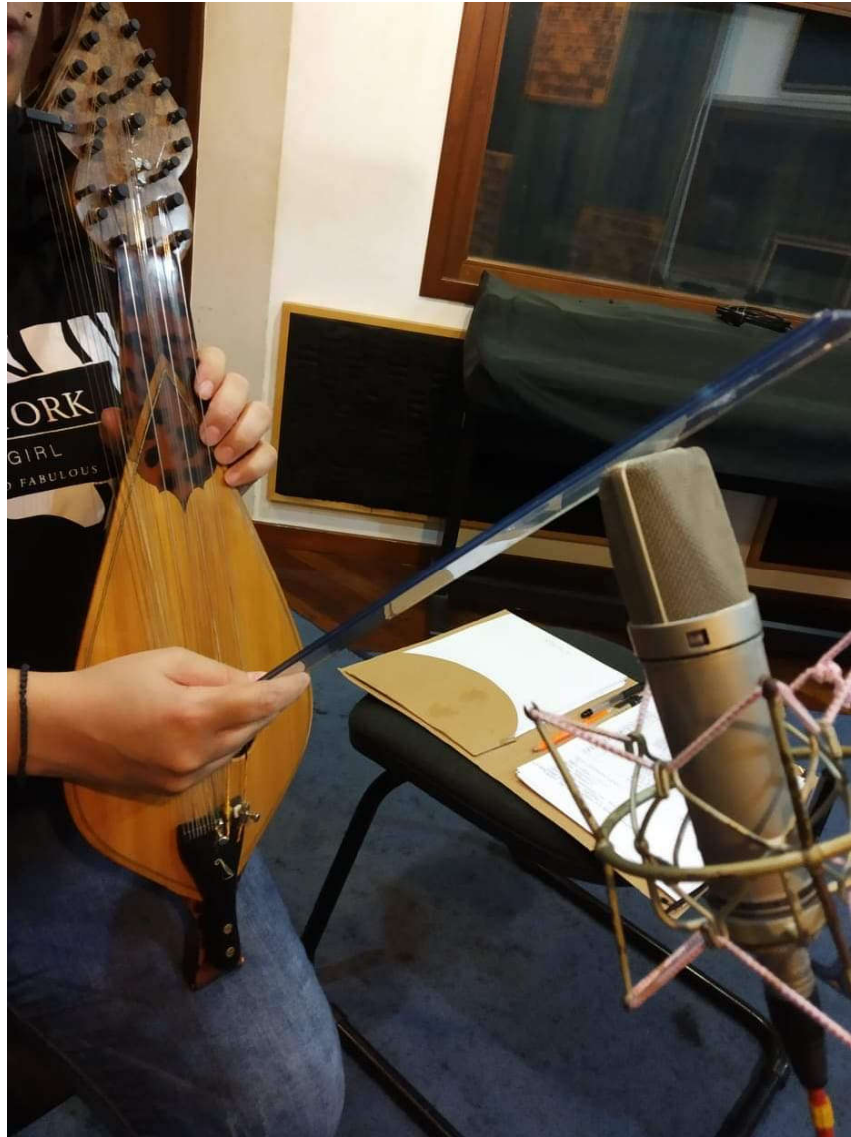
---

<sup>17</sup>Vibration analysis of the top plates of traditional Greek string musical instruments σελ.6 (17)

απομονωμένες συμπαθητικές χορδές, ίδια περιοχή προ-ενίσχυσης στο μικρόφωνο, ακριβώς ίδια θέση στο χώρο, ίδια ακριβώς απόσταση, κούρδισμα και ακρίβεια στο παίξιμο.



**Εικόνα 14:** Πειραματική διαδικασία ηχογράφησης.



**Εικόνα 15:** Πειραματική διαδικασία ηχογράφησης.

### **Χαρακτηριστικά Λύρας Με και Χωρίς Συμπαθητικές Χορδές:**

*Ξύλα Καβαλάρηδων: Έβενος*

*Ξύλα Σκάφους: Κελεμπέκι*

*Ξύλο Καπακιού: Κυπαρίσσι*

*Βάθος Ηχείου: 4,4cm ή 44mm*

*Μήκος Καπακιού: 28cm ή 280mm*

*Πλάτος Καπακιού: 18,5cm ή 185mm*

*Ενεργή Απόσταση Χορδής: 28,7cm ή 287mm*

*Υψος Οπών - Χορδοδέτη: 7,5cm ή 75mm*

*Υψος Καπακιού - Bass Line: 4,4cm ή 44mm*

*Εμβαδό Οπής: 26.28 cm<sup>2</sup>*



**Εικόνα 16:** Μήκος καπακιού λύρας με συμπαθητικές χορδές.

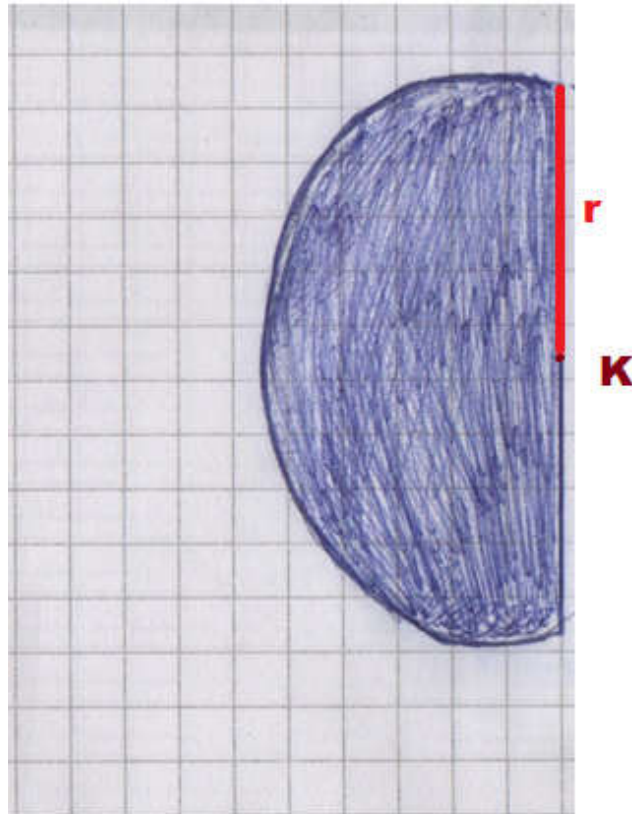


### Εμβαδό Οπών:

Για το εμβαδό των οπών χρησιμοποιήθηκε ένα κομμάτι ρυζόχαρτο, έτσι ώστε να ζωγραφιστεί το περίγραμμα της οπής της λύρας, για να μπορέσουμε να τη σχεδιάσουμε με ακρίβεια σε μιλιμετρέ χαρτί και να βρούμε το εμβαδό της.

Έστω ότι η οπή είναι μισός κύκλος, παίρνουμε την ακτίνα του κύκλου  $r=2,94\text{cm}$  και χρησιμοποιούμε τον τύπο  $E = \pi \cdot r^2$ , έχουμε:

*Εμβαδό Οπής:  $26.28 \text{ cm}^2$*



**Εικόνα 17:** Απεικόνιση εμβαδού οπής σε «μιλιμετρέ» χαρτί .

### **Κούρδισμα Λύρας Με Συμπαθητικές Χορδές:**

Σε αυτήν τη διαδικασία, «παίχτηκαν» όλες οι νότες που μπορεί να εκτελέσει η λύρα με συμπαθητικές χορδές, στο κούρδισμα που είναι το ίδιο με της κρητικής λύρας. Δηλαδή, οι νότες ξεκινάνε από την  $\Sigma\omicron\lambda_3 / G_3$ , με "βήμα" ημιτονίου και καταλήγουν στην  $M\iota_5/E_5$ .

<b>Νότες</b>	<b>Συχνότητα σε <math>H_z</math></b>
$G_3$	196
$G\#_3$	208
$A_3$	220
$A\#_3$	233
$B_3$	246
$C_4$	261
$C\#_4$	276
$D_4$	293
$D\#_4$	310
$E_4$	329
$F_4$	348
$F\#_4$	370
$G_4$	392
$G\#_4$	415
$A_4$	440
$A\#_4$	466
$B_4$	494
$C_5$	523
$C\#_5$	554
$D_5$	587
$D\#_5$	622
$E_5$	659

**Πίνακας 1:** Νότες που παίχτηκαν από τη λύρα με συμπαθητικές χορδές.

Αφού ολοκληρώθηκαν οι ηχογραφήσεις, απομονώσαμε τις συμπαθητικές χορδές, αφού δεν είχαμε άδεια από τον κ. Ross Daly να τις αφαιρέσουμε. Στη συνέχεια, αποθηκεύσαμε την κάθε ηχογράφηση της λύρας με συμπαθητικές και χωρίς συμπαθητικές, ξεχωριστά σε ηλεκτρονική μορφή, αφού πρώτα ψηφιοποιήθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του studio. Τα αρχεία αυτά εισήχθησαν στο Room Eq Wizard, λογισμικό φασματικής ανάλυσης και μετά από φασματική ανάλυση, αναλύσαμε τα φάσματα της κάθε νότας και υπολογίσαμε τον παράγοντα ποιότητας Q, για κάποιες αρμονικές, από τις νότες  $A_3(220H_z)$ ,  $E_4(329H_z)$ ,  $C_5(523H_z)$ , και τον 1ο, 3ο, 5ο αρμονικό από τη λύρα με συμπαθητικές και με απομονωμένες τις συμπαθητικές χορδές.

Για να υπολογίσουμε τους παράγοντες ποιότητας ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

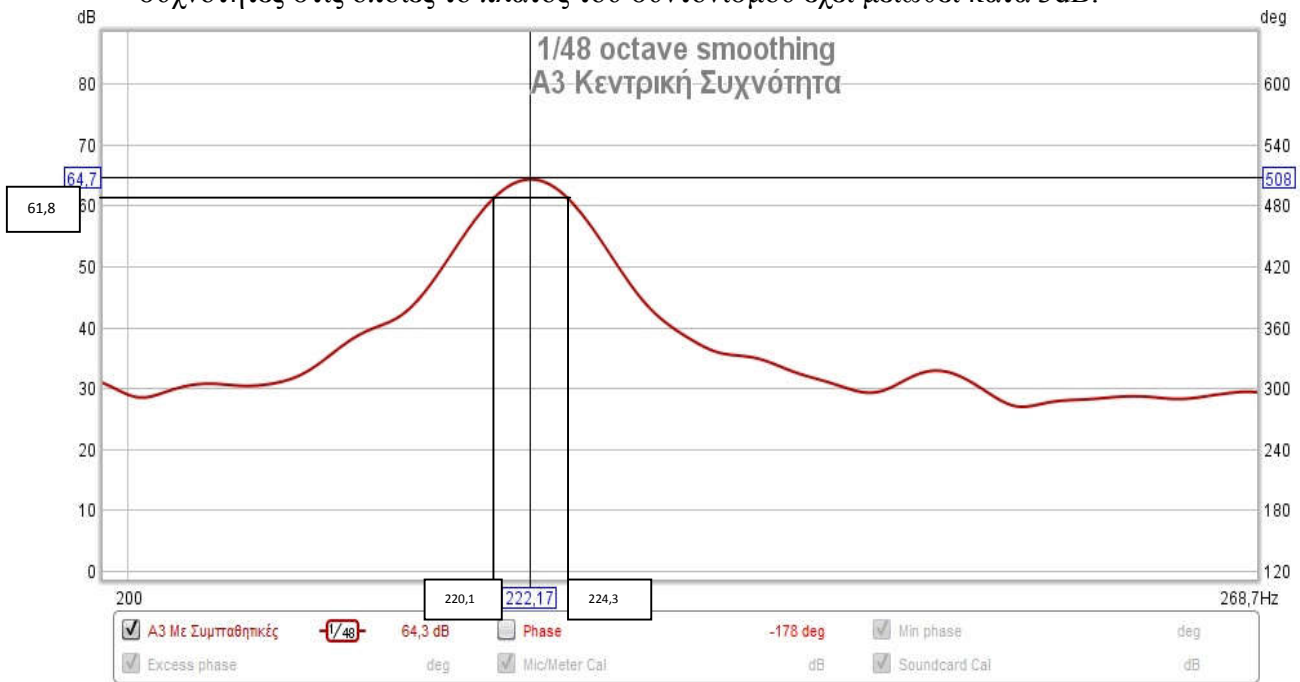
1. Πήραμε το σήμα/αρχείο και το βάλουμε στο Room Eq Wizard.
2. Πήγαμε στην καρτέλα All SPL.
3. Κάναμε smoothing 1/48 στο φάσμα μας για να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια.
4. Μεγεθύναμε στο σημείο που θέλαμε να εστιάσουμε.
5. Πήραμε τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν από τον συντονισμό, για να

βρεθεί ο παράγοντας ποιότητας, χρειαζόμαστε, την κεντρική συχνότητα του συντονισμού και τις δυο πλαϊνές, στις οποίες το πλάτος μειώνεται κατά 3db (μείωση 50% σε ένταση I σε μονάδες  $Wm^{-2}$  του διεθνούς συστήματος μονάδων).

6. Από τον τύπο του παράγοντα ποιότητας υπολογίσαμε τους παράγοντες ποιότητας,

$$Q = \frac{f_0}{|f_1 - f_2|}$$

Οπού  $f_0$  η κεντρική συχνότητα του συντονισμού και οπού  $f_1$  και  $f_2$  οι δύο πλαϊνές συχνότητες στις οποίες το πλάτος του συντονισμού έχει μειωθεί κατά 3dB.



**Εικόνα 18:** Η κεντρική συχνότητα της νότας A<sub>3</sub> και οι πλαϊνές συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  στα -3db του μέγιστου πλάτους.

Παρακάτω παραθέτουμε τα αποτελέσματα για τους αρμονικούς και τις νότες που επιλέχθηκαν.

**Λύρα με Συμπαθητικές χορδές:**

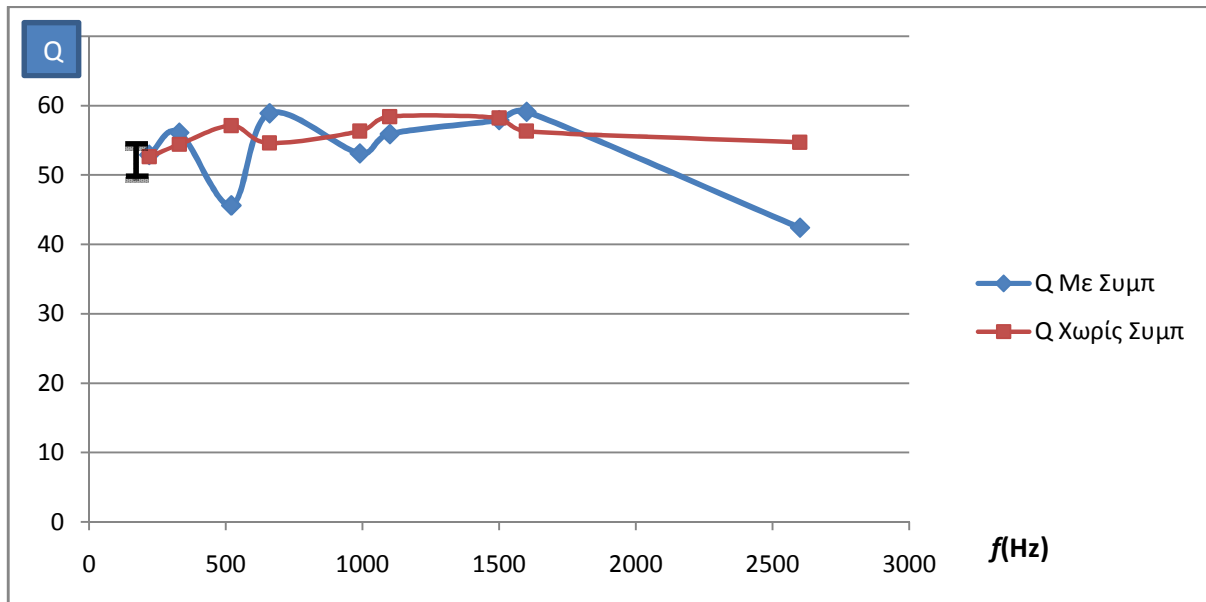
Νότα και Αρμονικός	Παράγοντας Ποιότητας Q Factor
A <sub>3</sub> (222,2Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	52,9
E <sub>4</sub> (331,1Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	56,1
C <sub>5</sub> (515,4Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	45,6
A <sub>3</sub> (666,5Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	58,9
E <sub>4</sub> (992,5Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	53,1
C <sub>5</sub> (1566Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	55,9
A <sub>3</sub> (1119Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	57,9
E <sub>4</sub> (1654Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	59,1
C <sub>5</sub> (2588Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	42,4

**Πίνακας 2:** Παράγοντες ποιότητας λύρας με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές.

**Λύρα με απομονωμένες τις Συμπαθητικές χορδές:**

Νότα και Αρμονικός	Παράγοντας Ποιότητας Q Factor
A <sub>3</sub> (221,2Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	52,6
E <sub>4</sub> (337,3Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	54,4
C <sub>5</sub> (525,4Hz) 1 <sup>ος</sup> Αρμονικός	57,1
A <sub>3</sub> (663,3Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	54,6
E <sub>4</sub> (1013Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	56,3
C <sub>5</sub> (1576Hz) 3 <sup>ος</sup> Αρμονικός	58,4
A <sub>3</sub> (1105Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	58,2
E <sub>4</sub> (1688Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	56,3
C <sub>5</sub> (2629Hz) 5 <sup>ος</sup> Αρμονικός	54,7

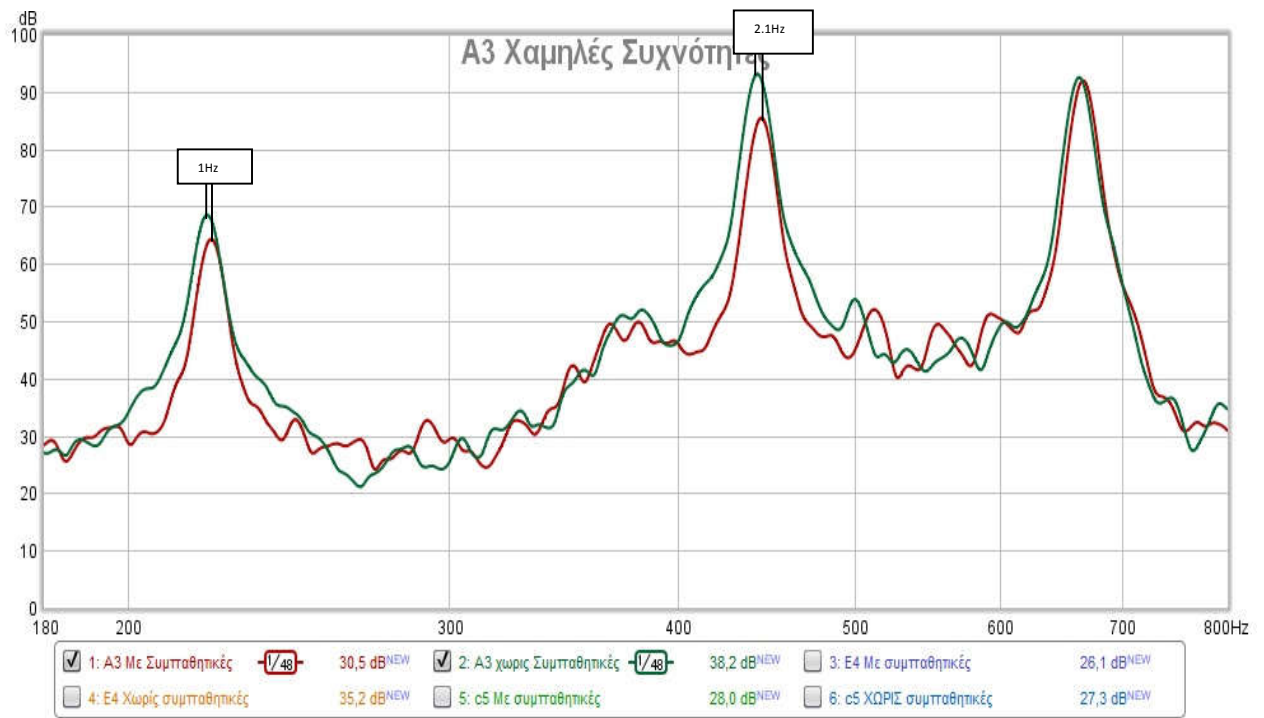
**Πίνακας 3:** Παράγοντες ποιότητας λύρας με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές.



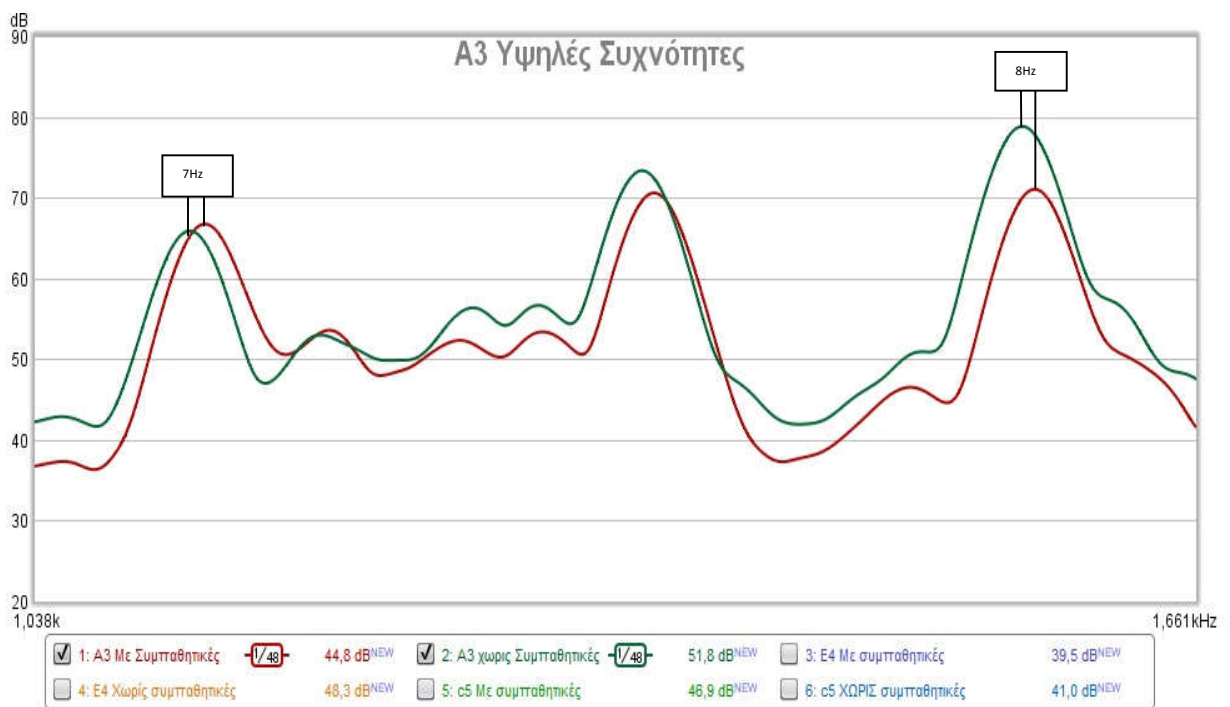
**Γράφημα 1:** Σύγκριση παραγόντων ποιότητας Q για την λύρα με ενεργοποιημένες (Με Συμπ) και απενεργοποιημένες (Χωρίς Συμπ) τις συμπαθητικές χορδές. Μέγιστο σφάλμα μέτρησης 9,5%.

Από το παραπάνω γράφημα συμπεραίνουμε ότι η εισαγωγή των συμπαθητικών χορδών στη λύρα δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των συντονισμών σε όλες τις περιοχές (χαμηλές-μεσαίες-υψηλές) συχνοτήτων. Μόνο στη νότα C5 παρατηρείται μικρή μείωση του παράγοντα ποιότητας.

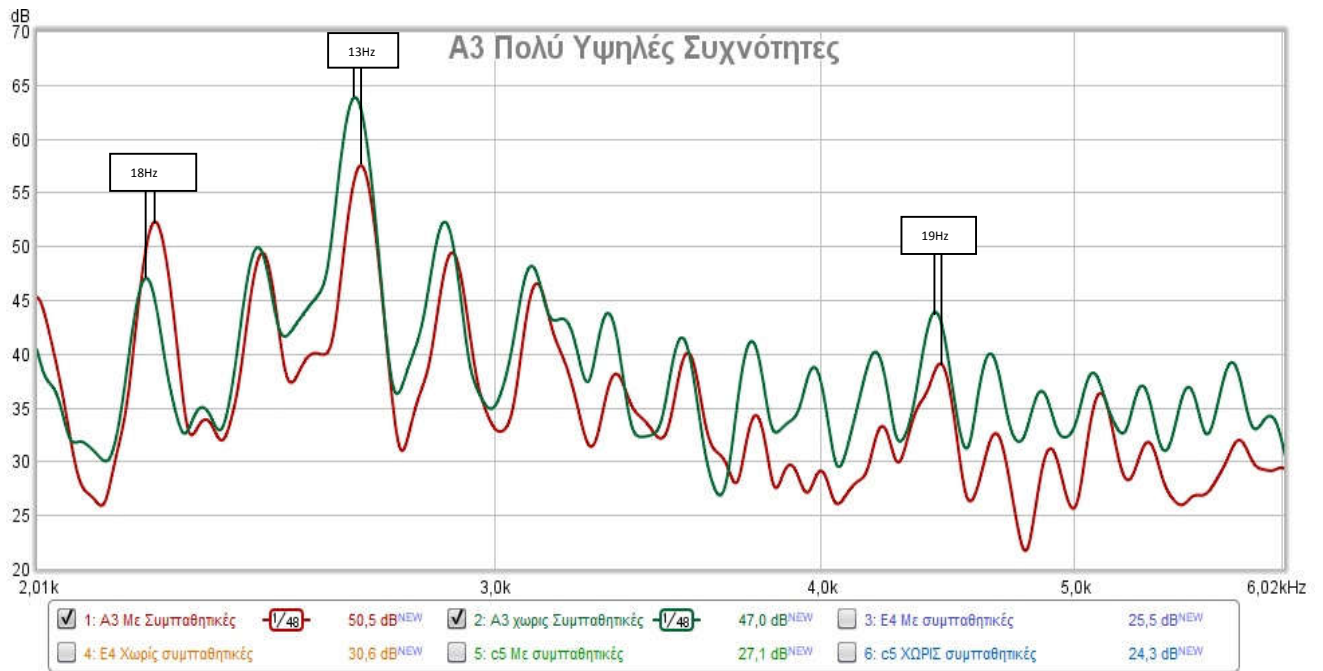
Στη συνέχεια, καταγράψαμε δυο φάσματα για κάθε νότα και περίπτωση, α) με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές και β) με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές.



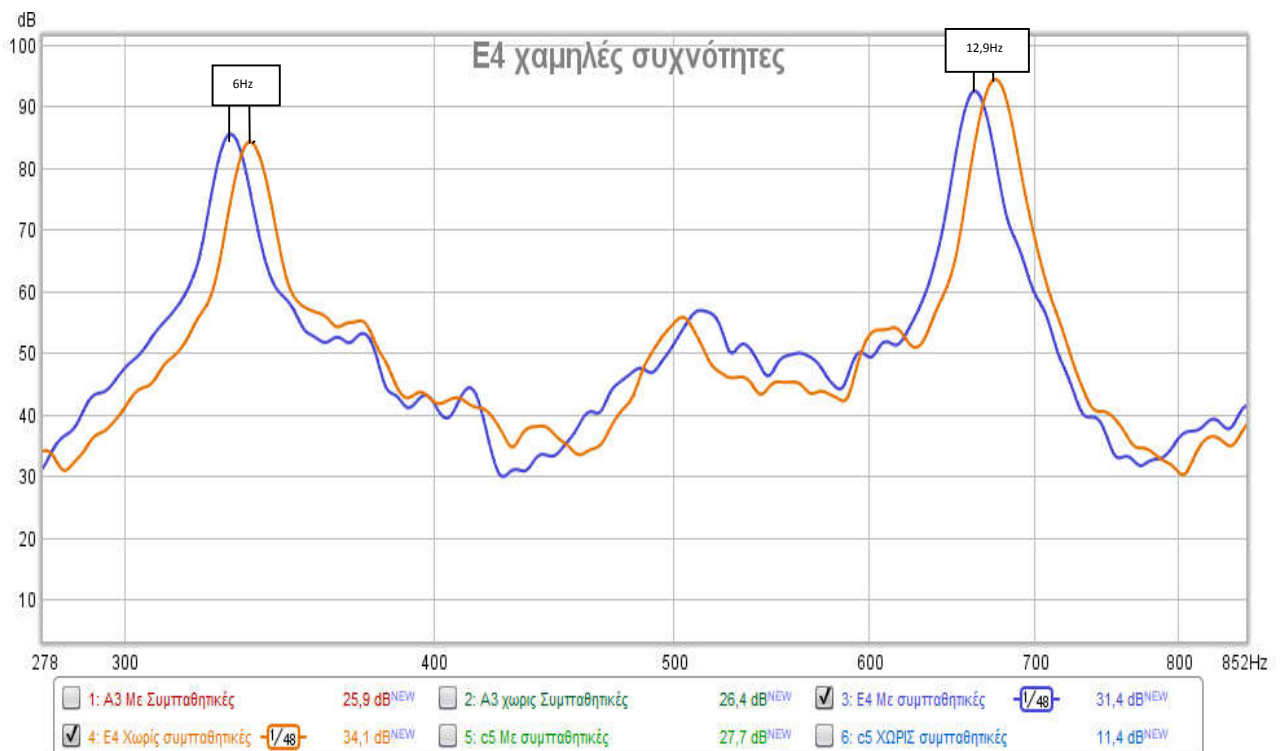
**Εικόνα 19:** Το φάσμα της νότας A<sub>3</sub>, στις χαμηλές συχνότητες της. Το κόκκινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ με το πράσινο είναι με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται ελάχιστη μετατόπιση προς υψηλότερες συχνότητες.



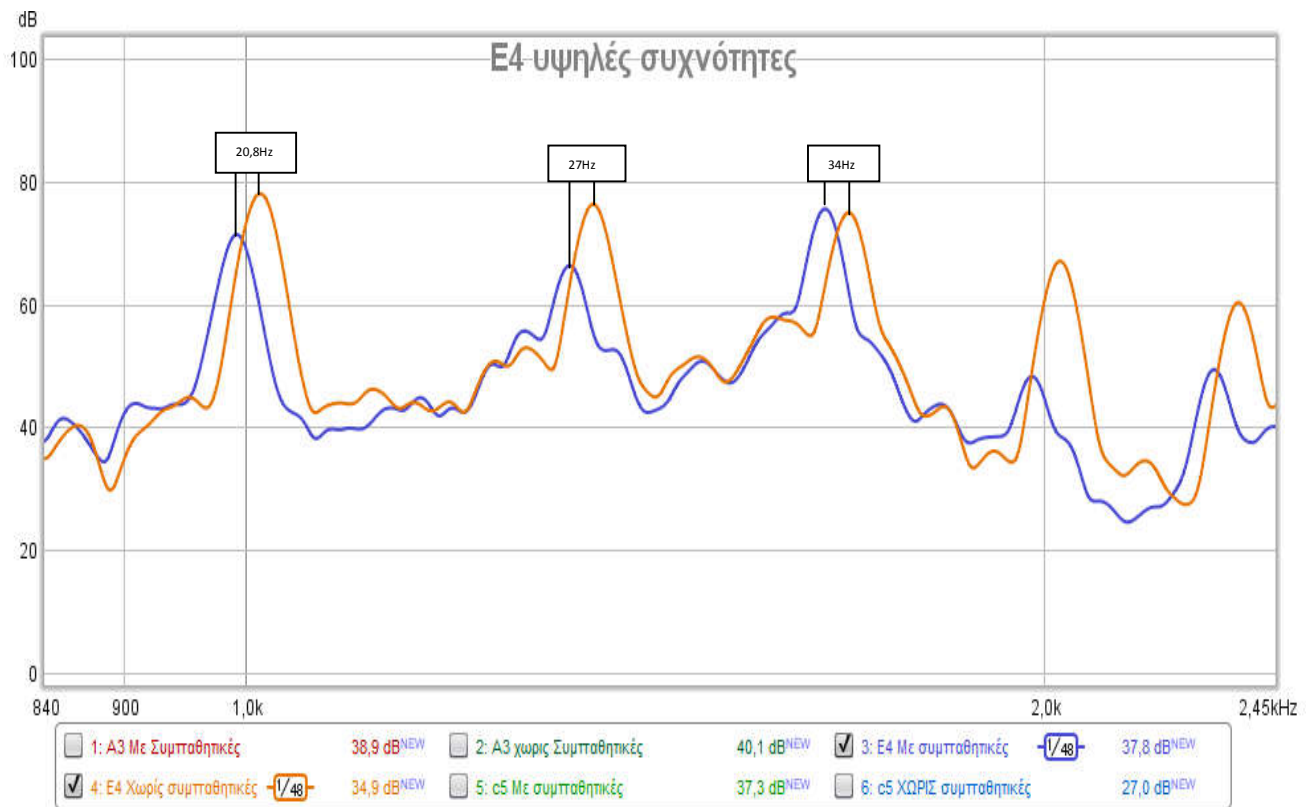
**Εικόνα 20:** Το φάσμα της νότας A<sub>3</sub>, στις υψηλές συχνότητες της, με και χωρίς συμπαθητικές χορδές. Το κόκκινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το πράσινο είναι με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς υψηλότερες συχνότητες.



**Εικόνα 21:** Το φάσμα της νότας A<sub>3</sub>, στις πολύ υψηλές συχνότητες της, με και χωρίς συμπαθητικές χορδές. Το κόκκινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ με το πράσινο, είναι με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς υψηλότερες συχνότητες.



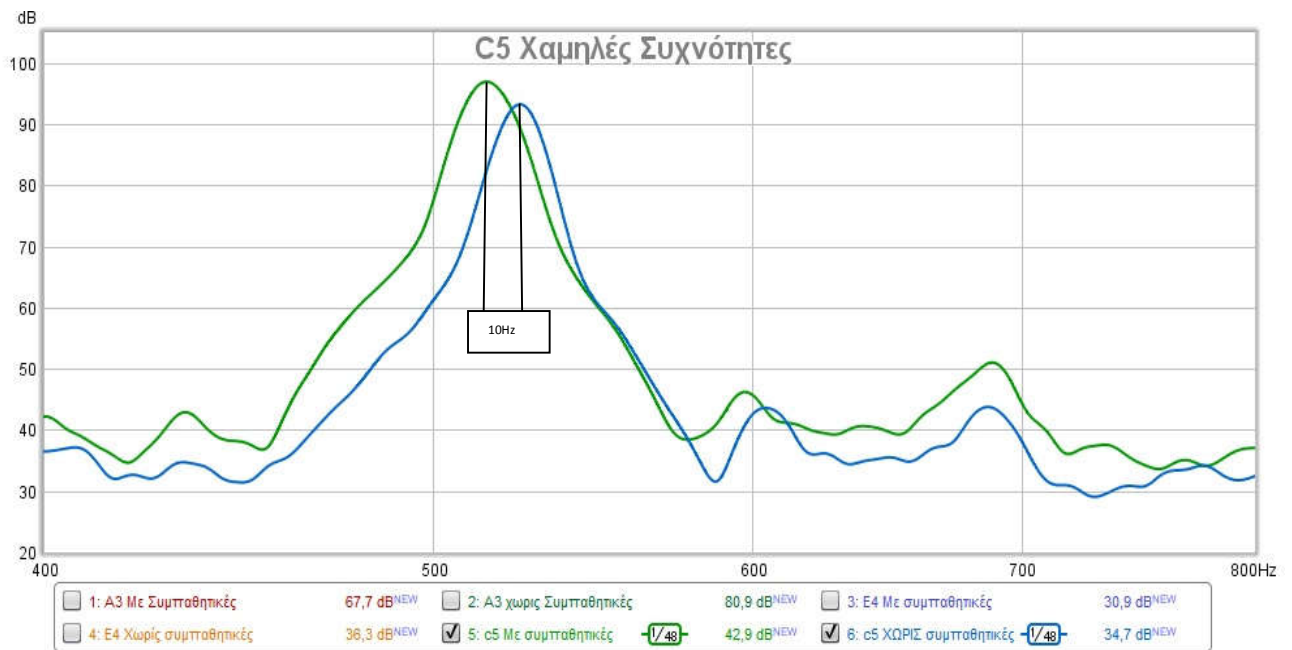
**Εικόνα 22:** Το φάσμα της νότας E<sub>4</sub>, στις χαμηλές συχνότητες, με και χωρίς συμπαθητικές χορδές. Το μπλε χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το κίτρινο, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μικρή μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.



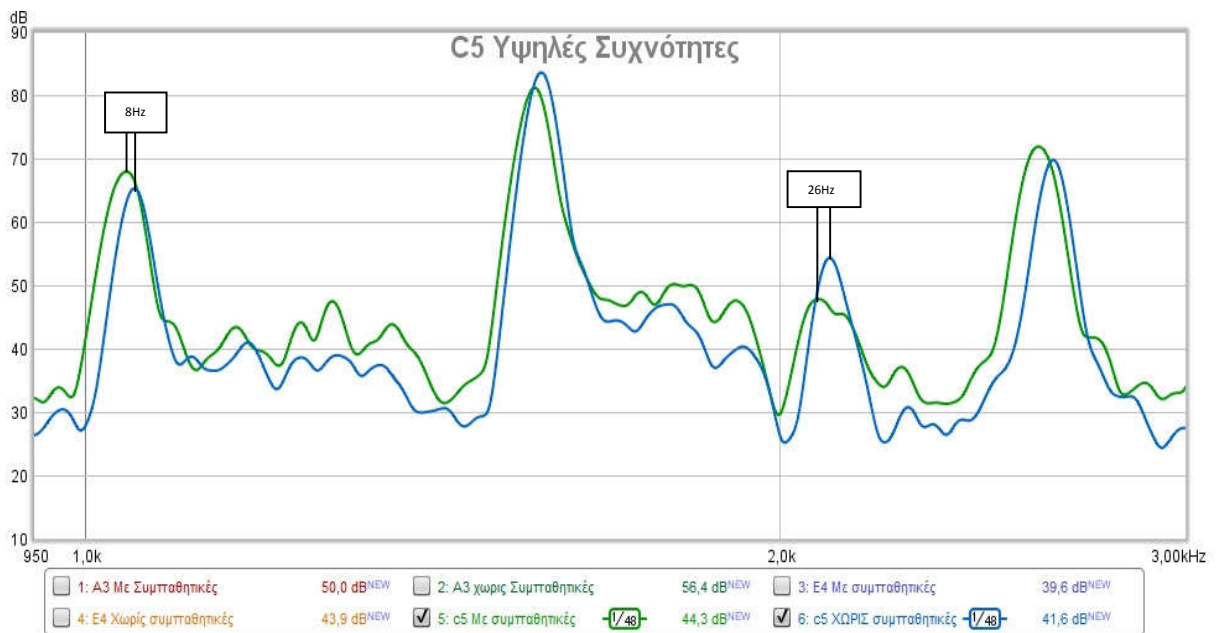
**Εικόνα 23:** Το φάσμα της νότας  $E_4$ , στις υψηλές συχνότητες, με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Το μπλε χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το κίτρινο, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.



**Εικόνα 24:** Το φάσμα της νότας  $E_4$ , στις πολύ υψηλές συχνότητες, με και χωρίς συμπαθητικές χορδές. Το κίτρινο χρώμα είναι με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.

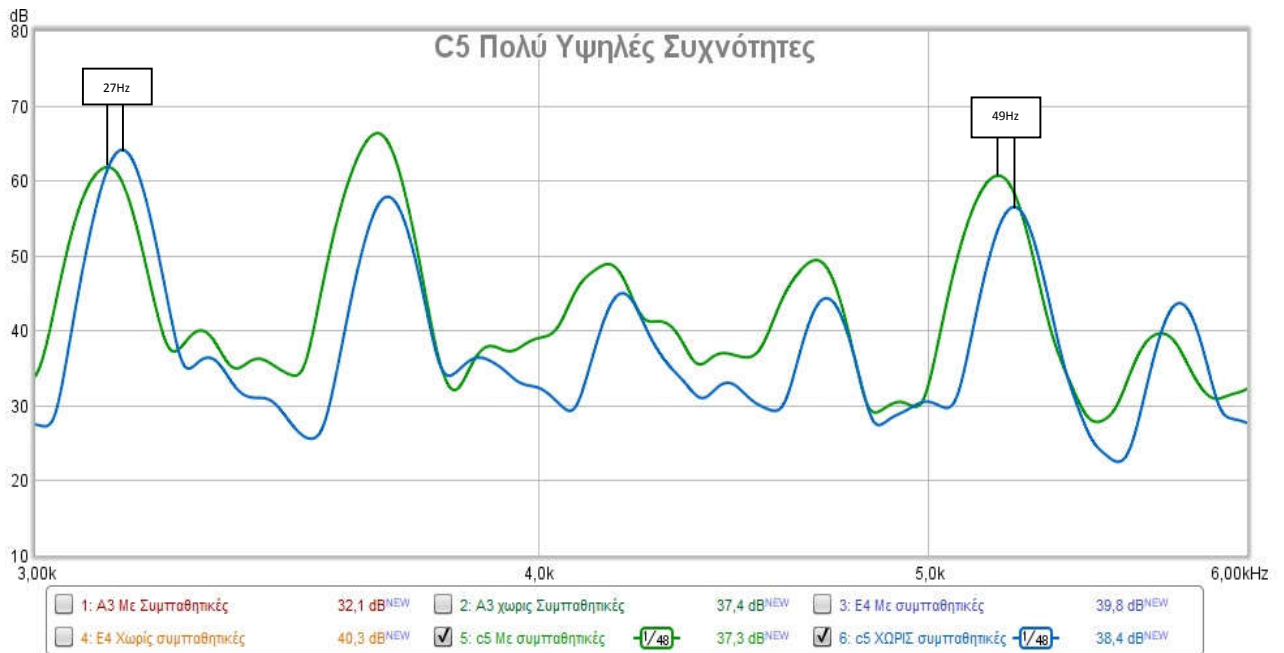


**Εικόνα 25:** Το φάσμα της νότας C<sub>5</sub>, στις χαμηλές συχνότητες, με και χωρίς συμπαθητικές χορδές. Το πράσινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.



**Εικόνα 26:** Το φάσμα της νότας C<sub>5</sub>, στις υψηλές συχνότητες, με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Το πράσινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.





**Εικόνα 27:** Το φάσμα της νότας C<sub>5</sub>, στις πολύ υψηλές συχνότητες, με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Το πράσινο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μετατόπιση προς χαμηλότερες συχνότητες.

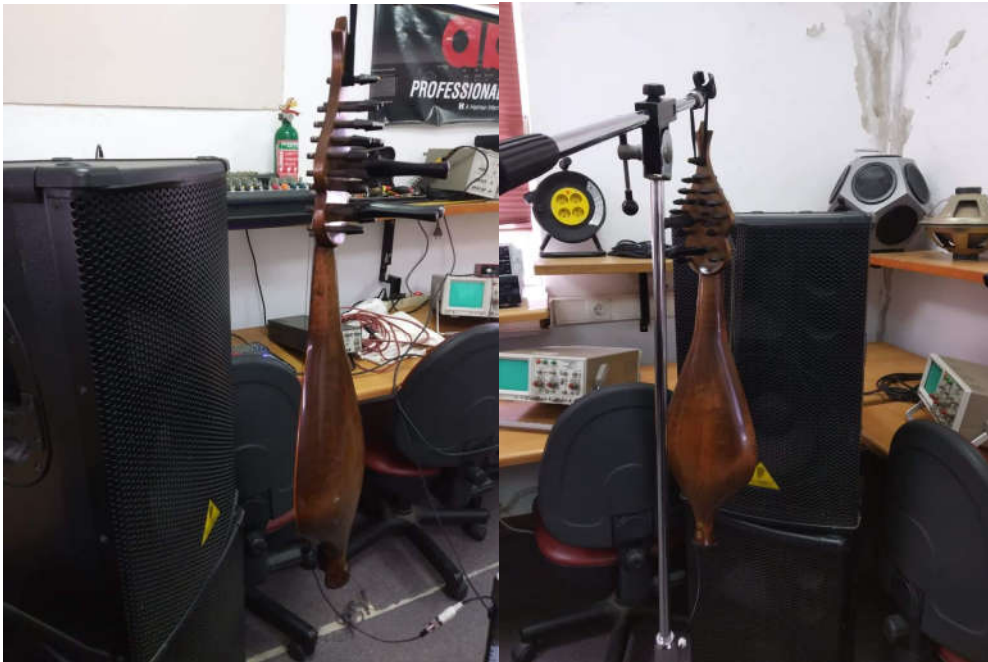
#### 4.8.1 Ηχοβολισμός: εκτέλεση και καταγραφή πειράματος

##### Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία του ηχοβολισμού:

- Πυκνωτικό μικρόφωνο αισθητήρας.
- Κάρτα ήχου Focusrite Scarlett 2i2.
- Κονσόλα Μίξης Berhinger.
- 2 XLR καλώδια.
- Ηχείο Berhinger, Υ 65cm x Π 40cm x Β 40cm.
- Πρόγραμμα φασματικής ανάλυσης Room Eq Wizard για την μελέτη της λύρας σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.
- Λογαριθμικό sweep tone, για τη διέγερση της λύρας.
- Βάση μικροφώνου για να κρεμάσουμε την λύρα.

Για την καταγραφή των καμπυλών συχνοτικής απόκρισης, ο πυκνωτικός αισθητήρας για τις μετρήσεις τοποθετήθηκε στο καπάκι κάτω από τις οπές και στην αντίστοιχη θέση πίσω στην πλάτη. Οι μετρήσεις έγιναν με ενεργές και μη ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, με απορροφητικό και χωρίς απορροφητικό υλικό. Η λύρα τοποθετήθηκε «κρεμασμένη» σε ύψος 129cm από το πάτωμα και απόσταση από το ηχείο 15cm. Το όργανο ηχοβολήθηκε με λογαριθμικό sweep tone από 0 Hz έως 24.000 Hz. Χρησιμοποιήθηκε η κάρτα ήχου Scarlett Focusrite για να καταγραφεί απ ευθείας ο ηχοβολισμός μέσω του λογισμικού Room EQ Wizard. Επίσης, το απορροφητικό «πάνελ» χρησιμοποιήθηκε για να απομονώσουμε όσο

γίνεται τις δονήσεις της πλάτης και του καπακιού αντίστοιχα, έτσι ώστε να πάρουμε πιο ακριβείς μετρήσεις για την ταλάντωση του καπακιού και τις πλάτης.



**Εικόνα 29:** Ηχοβολισμός λύρας με συμπαθητικές χορδές, χωρίς απορροφητικό.

Παρακάτω, παραθέτονται τα φάσματα του ηχοβολισμού για τη λύρα με συμπαθητικές χορδές, με και χωρίς απορροφητικό, στο καπάκι και στην πλάτη και αντίστοιχα, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία για την περίπτωση που οι συμπαθητικές χορδές έχουν απομονωθεί.



**Εικόνα 29:** Φάσμα χαμηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στο καπάκι της λύρας με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, χωρίς απορροφητικό υλικό. Το

κόκκινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το κίτρινο, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Οι διαφορές εντοπίζονται στο παράθυρο 490-550 Hz, όπου με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές το όργανο παρουσιάζει καλύτερη συχνοτική διακριτική ικανότητα απόκρισης με ποιο ξεκάθαρους συντονισμούς.



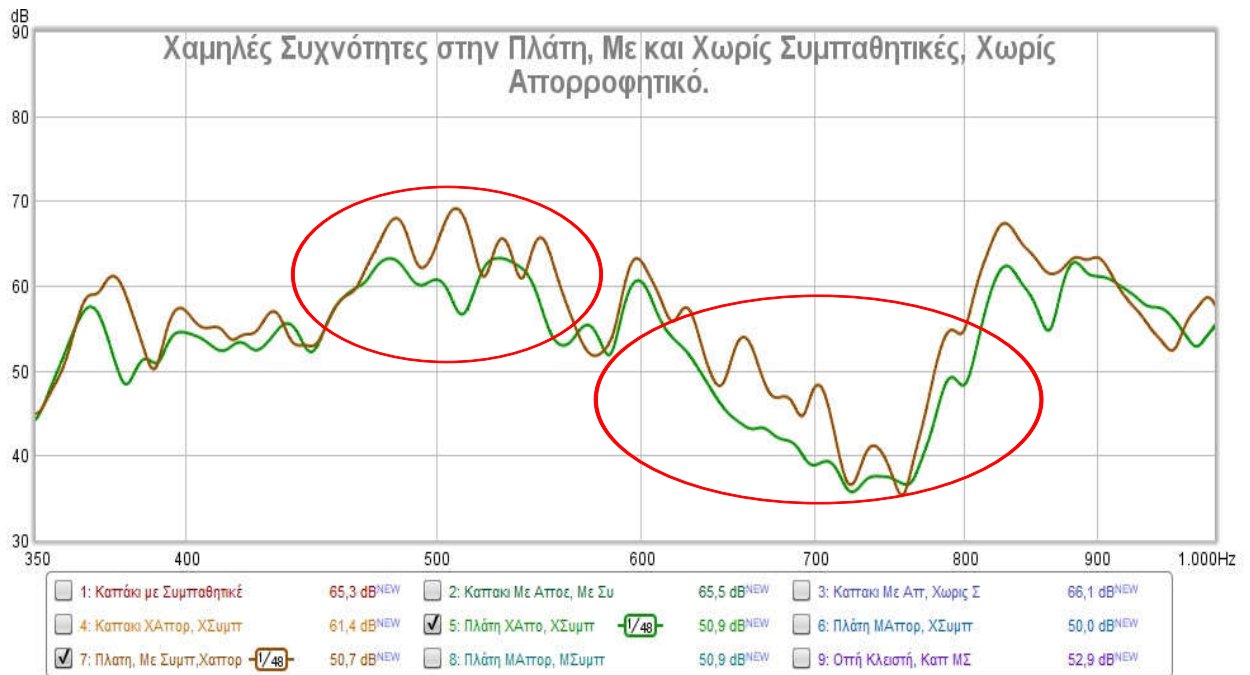
**Εικόνα 30:** Φάσμα υψηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στο καπάκι της λύρας με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, χωρίς απορροφητικό υλικό. Το κόκκινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το κίτρινο, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές πέραν του παραθύρου συχνοτήτων 4,5-5,5kHz, όπου εμφανίζονται ποιο «καθαροί» συντονισμοί στην απόκριση του καπακιού όταν οι συμπαθητικές χορδές είναι ενεργές αλλά με μικρότερο πλάτος.



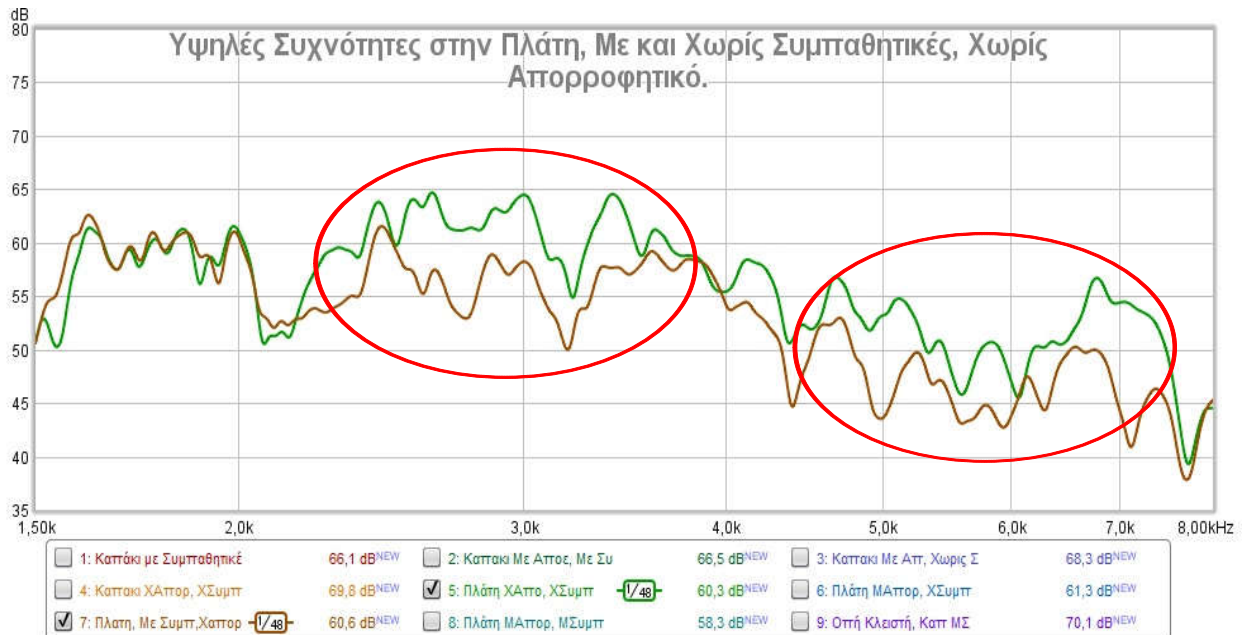
**Εικόνα 31:** Φάσμα χαμηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στο καπάκι της λύρας με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, με απορροφητικό στην πλάτη του οργάνου. Το πράσινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Οι διαφορές εντοπίζονται όπως και στην Εικόνα 29 ,στο συχνοτικό παράθυρο 490-550 Hz, όπου με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές το όργανο παρουσιάζει καθαρότερους συντονισμούς.



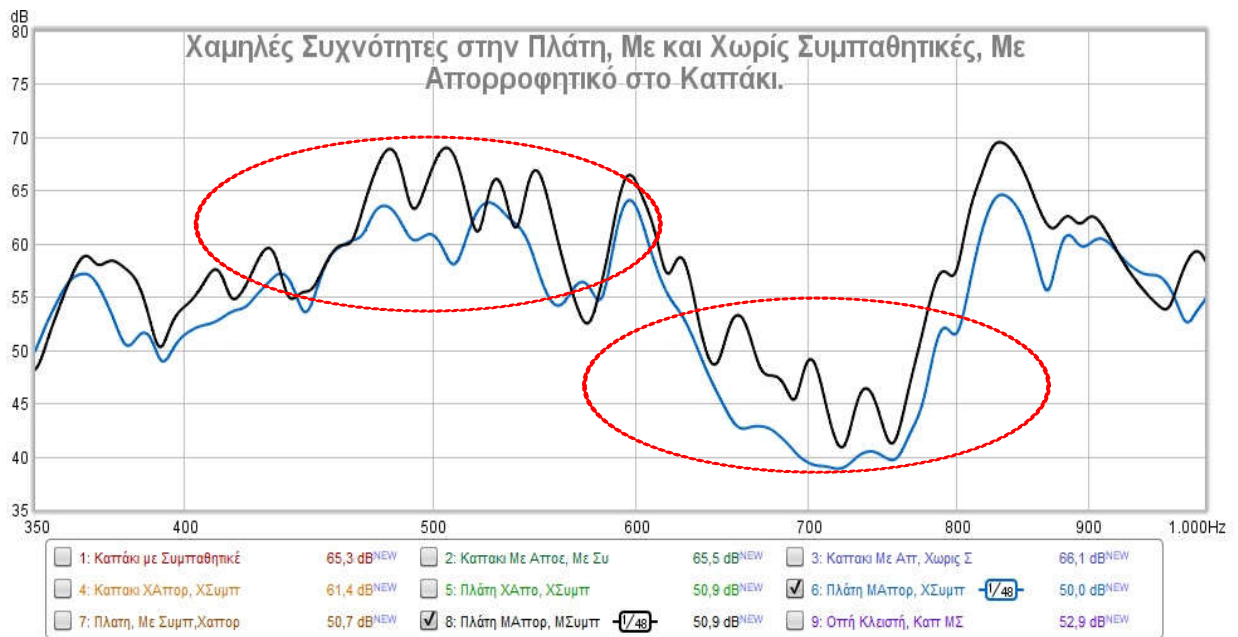
**Εικόνα 32:** Φάσμα υψηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στο καπάκι της λύρας, με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, με απορροφητικό στην πλάτη του οργάνου. Το πράσινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρείται μικρή μείωση του πλάτους των συντονισμών σε υψηλές συχνότητες, όταν οι συμπαθητικές χορδές είναι ενεργές.



**Εικόνα 33:** Φάσμα χαμηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στην πλάτη της λύρας με και χωρίς συμπαθητικές χορδές, χωρίς κάποιο απορροφητικό. Το καφέ χρώμα είναι με συμπαθητικές, ενώ το πράσινο, χωρίς συμπαθητικές. Οι διαφορές εντοπίζονται κυρίως στο παράθυρο 450-750Hz, όπου παρατηρείται η συνεισφορά των συντονισμών με ξεκάθαρους συντονισμούς της πλάτης και αύξηση του πλάτους των συντονισμών σε αυτό το φασματικό παράθυρο, όταν οι συμπαθητικές είναι ενεργές.



**Εικόνα 34:** Φάσμα υψηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στην πλάτη με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, χωρίς απορροφητικό υλικό. Το καφέ χρώμα δείχνει το φάσμα με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το πράσινο, χρώμα με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Η ύπαρξη των συμπαθητικών χορδών μειώνει την απόκριση της πλάτης στις υψηλές συχνότητες με συντονισμούς χαμηλότερου πλάτους και λιγότερο «καθαρούς».



**Εικόνα 35:** Φάσμα χαμηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στην πλάτη με ενεργές και ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές, με απορροφητικό στο καπάκι. Το μαύρο χρώμα είναι με συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, χωρίς συμπαθητικές χορδές. Οι διαφορές εντοπίζονται στις χαμηλές συχνότητες 400-800 Hz, όπου υπάρχει ενίσχυση και καλύτερη απόκριση με «καθαρούς» συντονισμούς λόγω της ύπαρξης των συμπαθητικών χορδών.



**Εικόνα 36:** Φάσμα υψηλών συχνοτήτων από τον ηχοβολισμό του οργάνου στην πλάτη με και χωρίς συμπαθητικές χορδές, με απορροφητικό στο καπάκι. Το μαύρο χρώμα είναι με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, ενώ το μπλε, με ανενεργές τις συμπαθητικές χορδές. Παρατηρούνται διαφορές στις μεσαίες (2,5-3,5kHz) συχνότητες με μετατόπιση χαμηλότερα ή μείωση πλάτους συντονισμών όταν οι συμπαθητικές χορδές είναι ενεργές.



**Εικόνα 38:** Αέρια συχνότητα στα  $366\text{Hz}$  όπως προκύπτει από τον ηχοβλοισμό του οργάνου στο καπάκι, με οπή κλειστή και ανοιχτή, με ενεργές τις συμπαθητικές χορδές, χωρίς απορροφητικό υλικό. Το κόκκινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ανοιχτή οπή, ενώ το μωβ, με κλειστή οπή. Τα πράσινα βέλη δείχνουν τους «καθαρούς» συντονισμούς σε χαμηλές και μεσαίες συχνότητες ( $< 2\text{kHz}$ ) όταν οι συμπαθητικές χορδές είναι ενεργές.



**Εικόνα 39:** Ξύλινη συχνότητα στα  $186,1\text{Hz}$  όπως προκύπτει από τον ηχοβολισμό του οργάνου στο καπάκι με οπή κλειστή και ανοιχτή, με συμπαθητικές χορδές. Το κόκκινο χρώμα δείχνει το φάσμα με ανοιχτή οπή, ενώ το μωβ, με κλειστή οπή.

## **5. Συμπεράσματα για τη συμβολή των συμπαθητικών χορδών στην ακουστική της υπό εξέταση λύρας**

Ο κ. Ross Daly, αναφέρει στη συνέντευξη του ότι οι συμπαθητικές χορδές προσφέρουν «βάθος» στον ήχο του οργάνου, είναι δηλαδή στη «γλώσσα» των μουσικών πιο μπάσο. Αυτό αποδεικνύεται και από την ακουστική μελέτη του οργάνου. Τα φάσματα της νότας  $E_4$  και της νότας  $C_5$ , δείχνουν μετατόπιση του φάσματος προς χαμηλότερες συχνότητες, με μεγάλες διαφορές ειδικά στις υψηλές συχνότητες όπου για παράδειγμα, παρατηρείται μετατόπιση έως και  $73\text{Hz}$  προς χαμηλότερες συχνότητες. Εξαιρέση αποτελεί η νότα  $A_3$ , όπου παρατηρούνται μικρές όμως μετατοπίσεις (έως  $13\text{Hz}$ ) προς υψηλότερες συχνότητες. Από τη σύγκριση των παραγόντων ποιότητας, συμπεραίνουμε ότι η προσθήκη των συμπαθητικών χορδών στο όργανο, δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των συντονισμών με εξαίρεση τους συντονισμούς της νότας  $C_5$ , σε χαμηλές και υψηλές συχνότητες, όπου παρατηρείται μείωση του παράγοντα ποιότητας  $Q$ , κατά  $20,1\%$  και  $22,7\%$  αντίστοιχα. Δεν υπήρχε δυνατότητα ολικής αφαίρεσης των συμπαθητικών χορδών για τη μέτρηση του παράγοντα ποιότητας  $Q$  και σε αυτή την περίπτωση.

Οι μετρήσεις της συχνοτικής απόκρισης του σώματος του οργάνου μέσω ηχοβολισμού και καταγραφής των διαγραμμάτων συχνοτικής απόκρισης, με ενεργές και ανενεργές, τις συμπαθητικές χορδές υποστηρίζουν τα παραπάνω συμπεράσματα όπως αναλυτικά παρουσιάζονται στα φάσματα συχνοτικής απόκρισης του σώματος (συνολικά), του καπακιού και της πλάτης (εικόνες 29-39). Η συχνότητα Helmholtz ( $366\text{Hz}$ ) του αντηχείου και η κύρια συχνότητα συντονισμού του ξύλου (wood prime -  $186\text{Hz}$ ), όπως αυτές καταγράφονται στα φάσματα συχνοτικής απόκρισης, προσφέρουν τα σημεία σταθερής συχνότητας των φασμάτων απόκρισης, αφού αυτές οι δύο συχνότητες δεν μεταβάλλονται με την προσθήκη των συμπαθητικών χορδών.

Συμπερασματικά, η ακουστική συμπεριφορά του οργάνου όπως αυτή αναλύεται μέσα από τις μετρήσεις που παρουσιάστηκαν σε αυτή την πτυχιακή εργασία, επηρεάζεται από την προσθήκη των συμπαθητικών χορδών. Η συχνοτική απόκριση του οργάνου μετατοπίζεται προς χαμηλότερες συχνότητες, προσφέροντας ένα πιο «μπάσο» ηχόχρωμα, ενώ δεν επηρεάζεται σημαντικά η ποιότητα των συντονισμών. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το «μουσικό αυτί» του οργανοπαίκτη κ. Ross Daly, ο οποίος μας χορήγησε τη λύρα για την υλοποίηση των μετρήσεων της πτυχιακής εργασίας.



## Βιβλιογραφία

1. **Wikipedia.** Βικιπαίδεια. *Βικιπαίδεια*. [Ηλεκτρονικό] 13 Απρίλιος 2010. [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84\\_%CE%A6%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%AD%CE%BB](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84_%CE%A6%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%AD%CE%BB)
2. **Charles, Fauriel Claude.** *Ελληνικά Δημοτικά Τραγούδια*. [επιμ.] Πολίτης Α. Ηράκλειο : Πανεπιστημικές Εκδόσεις Κρήτης, 1999. σσ. 57-59.
3. **Wikipedia.** Βικιπαίδεια. *Βικιπαίδεια*. [Ηλεκτρονικό] 24 Ιούλιος 2010. [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82\\_%CE%A7%CE%B1%CF%84%CE%B6%CE%B9%CE%B4%CE%AC%CE%BA%CE%B9%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%8E%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CE%A7%CE%B1%CF%84%CE%B6%CE%B9%CE%B4%CE%AC%CE%BA%CE%B9%CF%82)
4. **Γ., Χατζηδάκης.** *Κρητική Μουσική και Όρχισις*. Ηράκλειο : s.n., 1910. σσ. 173-175.
5. **Θ., Ρηγινώτης.** *Κρητολογικά Γράμματα, η Ιστορική Παρουσία της Λύρας στην Κρήτη από τον 10ο ή 12ο Αιώνα μέχρι Σήμερα*. Ρέθυμνο : Καλαϊτζάκης Α.Ε, 2004.
6. **Βουγιουκαλάκης.** *Η Λύρα της Κρήτης και του Αιγαίου από το Βυζάντιο ως Σήμερα*. Ρέθυμνο : s.n., 2013.
7. **lyraedu.blogspot.** lyraedu. [Ηλεκτρονικό] 12 Νοέμβριος 2012. [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
[http://lyraedu.blogspot.com/2012/11/blog-post\\_12.html](http://lyraedu.blogspot.com/2012/11/blog-post_12.html)
8. **cretanlyra.gr.** cretanlyra.gr. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
<http://www.cretanlyra.gr/index.php/%CF%84%CE%BF-%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%BF/%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AE/87-%CF%84%CE%BF-%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%BF/%CE%B9%CF%83%CF%84%>
9. **Wikipedia.** Βικιπαίδεια. *Βικιπαίδεια*. [Ηλεκτρονικό] 16 Φεβρουαρίου 2013. [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BB%CE%B1%CE%BF%CF%82\\_%CE%9C%CF%80%CF%81%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BB%CE%B1%CE%BF%CF%82_%CE%9C%CF%80%CF%81%CE%B1%CF%82)
10. **Στέλιος Πετράκης.** Στέλιος Πετράκης. *Στέλιος Πετράκης*. [Ηλεκτρονικό] 2011. [Παραπομπή: 19 Ιούλιος 2020.]  
<http://www.steliospetrakis.com/biography/petrakiscv>
11. **Rossing, Thomas D., Moore, Richard F. and Wheeler, Paul A.** *The science of sound*. 2002. Vol. 3rd Edition.

12. **Fletcher, Neville H. and Rossing, Thomas D.** *The Physics of Musical Instruments*. 1993. Vol. 2nd Edition.
13. **Μ., Ταταράκης.** Φυσική Ακουστική Μουσικών Οργάνων, Σημειώσεις Θεωρίας. Ρέθυμνο : s.n., 2019. Τόμ. Ηλεκτροδυναμική Κεφ.8, σσ. 98-99.
14. **Δ., Σκαρλάτος.** *Εφαρμοσμένη Ακουστική*. Πάτρα : Gotsis, 2008. σσ. 226-228. Τόμ. Γ' Έκδοση.
15. **Ν., Παπαδογιάννης.** *Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Θεωρίας*. Ρέθυμνο : s.n. σ. 5.
16. **Μ., Ελευθερίου.** *Μουσική Ακουστική Οργανολογία, Σημειώσεις Εργαστηρίου*. σ. 9.
17. **Bakarezos, M., et al.** *Vibration analysis of the top plate of traditional Greek string musical instruments*. Vienna : ICSV 2006, 2006. Vol. 6, on Sound and Vibration 2006.